Nutzerseitiger Fehlgebrauch von Fahrerassistenzsystemen

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Fahrzeugtechnik Heft F 63

bast

Nutzerseitiger Fehlgebrauch von Fahrerassistenzsystemen

von

Claus Marberger

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT)
Universität Stuttgart

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Fahrzeugtechnik Heft F 63

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht ihre Arbeits- und Forschungsergebnisse in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A - Allgemeines
B - Brücken- und Ingenieurbau
F - Fahrzeugtechnik
M - Mensch und Sicherheit
S - Straßenbau
V - Verkehrstechnik

Es wird darauf hingewiesen, dass die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Fall die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bgm.-Smidt-Str. 74-76, D-27568 Bremerhaven, Telefon (04 71) 9 45 44 - 0, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BASt-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt FE 82.275/2004:
Nutzerseitiger Fehlgebrauch von Fahrerassistenzsystemen

Projektbetreuung
Roland Schindhelm

Herausgeber
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-51427 Bergisch Gladbach
Telefon: (0 22 04) 43 - 0
Telefax: (0 22 04) 43 - 674

Redaktion
Referat Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag
Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

ISSN 0943-9307
ISBN 978-3-86509-685-2

Bergisch Gladbach, Juni 2007

Kurzfassung – Abstract

Nutzerseitiger Fehlgebrauch von Fahrerassistenzsystemen

Der vorliegende Abschlussbericht des von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) initiierten Projekts behandelt Fragestellungen, die sich auf verschiedene Gebrauchsarten ausgewählter Fahrerassistenzsysteme (FAS) – vom „korrekten Gebrauch“ bis hin zum „Fehlgebrauch“ – beziehen.

Das unmittelbare Gebrauchsverhalten dreier zukünftiger Systeme FCW (Frontal Collision Warning), BSW (Blind Spot Warning) und CSA (Curve Speed Assistant) wurde experimentell im Fahrsimulationslabor untersucht. Der Gebrauch zweier am Markt verfügbarer Systeme, ACC (Adaptive Cruise Control) und Spurassistent, wurde anhand subjektiver Daten per Fragebogen- bzw. Interviewmethode erhoben.

Die ausgewählten drei zukünftigen FAS konnten von Versuchspersonen als virtuelle Prototypen im Fahrsimulator genutzt werden. Neben den individuellen Verhaltensänderungen bei der Fahrt mit einem FAS wurde außerdem der Einfluss verschiedener Systembeschreibungen auf das Gebrauchsverhalten untersucht. Die Auswertung der Fahrdaten zeigt für das System FCW vereinzelte statistisch signifikante Veränderungen in Richtung eines risikoreicheren Fahrerverhaltens. Die verschiedenen Systembeschreibungen führten bei keinem der drei FAS zu nachweisbaren Verhaltensauswirkungen.

Die Befragung von Nutzern eines Spurassistenten deckte in Einzelfällen ein kritisches Systemverständnis auf (z. B. Einsatz bei Müdigkeit). In Interviews mit Nutzern eines ACC-Systems wurde vereinzelt über eventuell kritische Einsatzsituationen berichtet (z. B. Nutzung bei eingeschränkten Sichtverhältnissen). Der allgemeine Gebrauch der untersuchten Fahrerassistenzsysteme wird dennoch als nicht sicherheitskritisch bewertet.

Sowohl bei der Diskussion der einzelnen Ergebnisse als auch in den abschließenden Kapiteln des Berichts wird kritisch auf Vor- und Nachteile verschiedener Untersuchungsinstrumente eingegangen. Der Bericht endet mit der Vorstellung eines allgemeinen Modells zur Entstehung und Einordnung verschiedener Gebrauchsarten technischer Systeme.

Der Originalbericht enthält mehrere Anhänge mit methodischem Material, das in der Studie verwendet wurde: Beschreibung aktueller und zukünftiger FAS (Anh. A), einfache Instruktionen zu FAS (Anh. B), einfache Instruktionen zu FAS mit Warnhinweis (Anh. C), ausführliche Instruktionen zu FAS mit Warnhinweis (Anh. D), den Spurassistent-Fragebogen: Systemverständnis und Gebrauchsverhalten (Anh. E) sowie den ACC-Interviewleitfaden: Systemverständnis und Gebrauchsverhalten (Anh. F). Auf deren Wiedergabe wurde in der vorliegenden Veröffentlichung verzichtet. Sie liegen bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vor und sind dort einsehbar. Verweise auf diese Anhänge im Berichtstext wurden zur Information des Lesers beibehalten.

Misuse of driver-assistance systems by the user

The following final report of a research project initiated by the Federal Highway Research Institute (BASt) comprises questions and empirical results that deal with different phenomena of using advanced driver assistance systems (ADAS) ranging from correct use to misuse.

Short term behaviour of using FCW (frontal collision warning), BSW (blind spot warning) and CSA (curve speed assistant) was investigated by conducting an experiment in a driving simulator environment. The personal use of two ADAS which are already available on the market – ACC (adaptive cruise control) and lane departure warning – was examined by questionnaire and interview methods.

Test subjects could experience the three selected future ADAS as virtual prototypes in a driving simulator. Apart from behavioural adaptations to the assistance functions the effect of different system descriptions on driving behaviour was investigated. The obtained results show for the virtual system FCW single statistically significant differences towards a riskier driving behaviour. The different system descriptions had no significant effects on the driving behaviour for all three ADAS.

A questionnaire study with drivers using a lane departure warning system revealed some critical opinions on how such a system could be used (e.g. in drowsy driver states). Interviews with ACC drivers revealed an occasional mismatch between

the way drivers were using ACC and the warning statements of the system manual (e.g. system use in poor vision situations). However, the general perception and use of both assistance systems is not considered safety critical.

A critical review of advantages and disadvantages of different research methods is given in the discussion as well as in the final chapters of this document. The report finishes by presenting a general model that can be used to explain and classify the different behavioural adaptations towards new technical systems.

The original report includes several appendices with methodical material that were used in the study: a description of current and future FAS (Appendix A), simple instructions on FAS (Appendix B), simple instructions on FAS with a warning (Appendix C), detailed instructions on FAS with a warning (Appendix D), the track assistant questionnaire: understanding of the system andbehaviour during use (Appendix E) as well as the ACC interview guidebook: understanding of the system and behaviour during use (Appendix F). Reproducing these appendices in the present publication was rejected. They are available at the Federal Highway Research Institute and can be viewed there. References to these appendices have been maintained in the report for the information of the reader.

Inhalt

1 Ausgangslage

Die kontinuierliche Steigerung von Sicherheit, Komfort und Effektivität ist ein übergeordnetes Ziel der Gestaltung des Straßenverkehrssystems. Zahlreiche Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten richten sich dabei an die Elemente Fahrer, Fahrzeug und Fahrzeugumgebung. So konnte z. B. durch Maßnahmen der passiven Sicherheit an Fahrzeugen eine deutliche Reduzierung von Unfällen mit Personenschäden bei gleichzeitiger Erhöhung des Verkehrsaufkommens erzielt werden. Trotzdem ist laut statistischem Bundesamt die Zahl von über 5.000 getöteten und knapp 440.000 verletzten Verkehrsteilnehmern auf Deutschlands Straßen im Jahr 2005 immer noch sehr hoch.

Die Steigerung von Sicherheit, Komfort und Effektivität ist nicht nur ein gesamtgesellschaftliches Anliegen, sondern liegt auch insbesondere im Interesse der einzelnen Automobilhersteller, da Fahrzeuge mit entsprechenden Attributen gleichzeitig auch einen Wettbewerbsvorteil mit sich bringen können. Nach herstellereigenen Angaben können bereits mehr als 80 % aller Innovationen im Fahrzeug neuen Entwicklungen im Bereich Elektronik zugeordnet werden. Die „elektronische Revolution“ im Fahrzeug ermöglicht nicht nur den Einzug von Errungenschaften der Unterhaltungselektronik, sondern auch fahrrelevante Komfortfunktionen und Maßnahmen der aktiven Sicherheit, die den Fahrer bei der Bewältigung der Fahraufgabe unterstützen und so eine weitere Steigerung der oben genannten Ziele versprechen. So genannte Fahrerassistenzsysteme (FAS) überwachen durch geeignete Sensoren das Fahrzeug, den Fahrer und/oder die Fahrzeugumgebung und greifen nach einer rechnergestützten Verarbeitung der verfügbaren Informationen über verschiedene Aktuatoren auf den einzelnen Ebenen der Fahraufgabe – Navigation, Führung, Stabilisierung – korrigierend ein. Dabei reicht der Eingriff von der reinen Information bis zur vollautomatischen Übernahme der Fahrzeugführung durch das Fahrerassistenzsystem.

Die Bewertung des Sicherheitsgewinns oder der langfristigen Verhaltensauswirkungen durch Fahrerassistenzsysteme ist komplex und mit den zur Verfügung stehenden Methoden bis heute nicht umfassend vorhersagbar (siehe eSafety Final Report, 2002). Denn neben Fragen der technischen Zuverlässigkeit müssen auch die Auswirkungen auf das gesamte Verkehrssystem berücksichtigt werden wie beispielsweise die Veränderungen des Fahrerverhaltens aufgrund des realisierten Gebrauchs von Fahrerassistenzsystemen. Ein prominentes Beispiel ist die Einführung des Anti-Blockier-Systems ABS: Der von den Entwicklern vorhergesagte Sicherheitszuwachs konnte wegen des übermäßig wahrgenommenen Sicherheitsgewinns bei gleichzeitig fehlerhaftem Funktionsverständnis zunächst nicht empirisch nachgewiesen werden. Die Fahrer akzeptierten mit ABS kürzere Abstände zum vorausfahrenden Fahrzeug und waren dadurch sogar mit einer höheren Wahrscheinlichkeit in Unfälle verwickelt (ASCHENBRENNER, 1988). Im EU-Projekt AWAKE, das die Entwicklung eines Müdigkeitswarnsystems zum Ziel hatte, gab ca. ein Drittel der Versuchspersonen nach einer Versuchsfahrt an, mit dem System bei Müdigkeit länger am Steuer zu bleiben als ohne Assistenz (AWAKE Deliverable 7.3). Diese und andere Gebrauchsarten eines Fahrerassistenzsystems stimmen nicht mit dem von den Entwicklern intendierten Gebrauch überein und können den erwarteten Sicherheitsgewinn deutlich einschränken wenn nicht sogar umkehren. Die Analyse von nicht erwünschten Verhaltenseffekten von Fahrerassistenzsystemen wie zum Beispiel Fehlgebrauch und Missbrauch bildet den Fokus dieser Studie.

2 Definitionen

Als Ausgangspunkt für die weiteren Überlegungen werden zunächst die entscheidenden Begriffe des Forschungsvorhabens definiert bzw. ihre für diese Untersuchung relevante Bedeutung geklärt und voneinander abgegrenzt. Diese sind zunächst „Fahrerassistenzsystem“, „Fehlgebrauch“ und „Missbrauch“.

2.1 Fahrerassistenzsystem

Der Begriff Fahrerassistenzsystem wird von Experten und Autoren in nicht einheitlicher Weise gebraucht. Dies liegt im Wesentlichen an den Dimensionen „unterstützte Ebene der Fahraufgabe“ und „Interventionstiefe“. Zum weiteren Verständnis dieser Begriffe sollen zwei in der Forschungslandschaft etablierte Klassifizierungsmodelle herangezogen werden.

Die Fahraufgabe kann zu Analysezwecken hierarchisch in die drei Ebenen „Navigation“, „Bahnführung“ und „Stabilisierung“ (strategic, tactical, operational level) zerlegt werden (MICHON, 1985),

denen auf der Bewältigungsseite der Fahrzeugführung die „Organisation“, „Koordination“ und „Regelung“ gegenüberstehen (siehe FASTENMEIER, 1995). Auf der Ebene der Navigationsaufgabe wählt der Fahrer eine Route aus dem Verkehrsnetz, um sein Ziel zu erreichen. Auf der Bahnführungsebene orientiert er sich im engeren Fahrraum. Dabei wählt er Manöver aus, die sich auf die übergeordnete Navigationsaufgabe beziehen, und führt diese aus (z. B. Überholen eines langsam fahrenden Fahrzeugs). Zur konkreten Realisierung eines Fahrmanövers sind Spurposition und Geschwindigkeit hinreichend genau zu wählen und durch geeignete fertigkeitsbasierte Operationen (Lenken, Pedalbedienung) an das Fahrzeug zu übermitteln (Stabilisierung). Jede dieser drei Fahraufgabenebenen besitzt verschiedene Zeithorizonte und Automatisierungsstufen. So sind Aufgaben auf der Stabilisierungsebene innerhalb Bruchteilen einer Sekunde zu lösen, während Aufgaben auf der Navigationsebene einen Zeithorizont von minimal mehreren Sekunden haben. Auf der anderen Seite sind Regelungstätigkeiten bei geübten Fahrern hochautomatisiert und erfordern (im Regelfall) für diese Gruppe keine direkte Aufmerksamkeit. Bild 1 illustriert die hierarchische Struktur der Fahraufgabe.

Es finden sich Meinungen, die Fahrerassistenzsysteme lediglich auf den Ebenen „Bahnführung“ und „Stabilisierung“ ansiedeln. Für diese Untersuchung sollen sämtliche Systeme, die den Fahrer auf einer der drei Ebenen (auch der Navigation) unterstützen, als Fahrerassistenzsysteme angesehen werden.

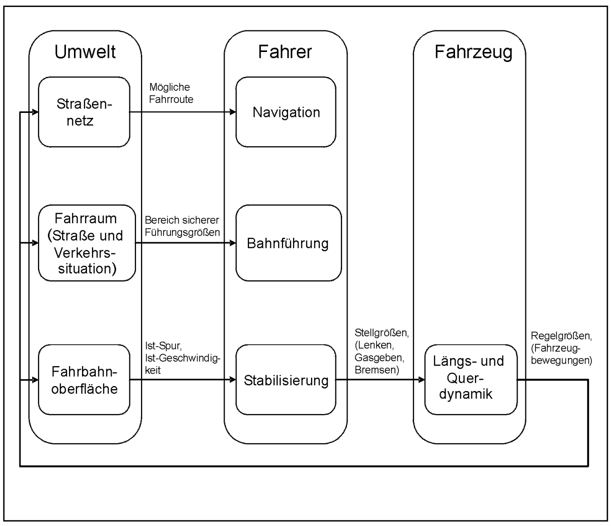


Bild 1: Die Fahraufgabe als hierarchische Struktur, eingebettet in das Verkehrssystem (nach GSTALTER et al., 1988)

Ein weiterer Grund für unterschiedliche Definitionen von Fahrerassistenz liegt in der Interventionstiefe. Es lassen sich wiederum mehrere Stufen unterscheiden:

- Informierende Systeme: Das FAS gibt dem Fahrer Rückmeldung über ein aktuelles Ereignis (z. B. einen Navigationshinweis).

- Warnende Systeme: Eine Warnung ist im Allgemeinen eine Information, auf die fahrerseitig möglichst bald reagiert werden sollte, damit eine negative Konsequenz (bis zu einem Schaden) vermieden werden kann. In ihrem Charakter ist sie dringlicher gestaltet als eine reine Information (z. B. Spurverlassenswarnung, Kollisionswarnung).

- Assistierende Systeme: Die Aktuatorik des FAS greift in die Fahrzeugführung ein und gibt dem Fahrer eine Art Empfehlung, was er zur Abwendung einer negativen Konsequenz/eines Schadens tun sollte. Der Fahrer kann jedoch zu jeder Zeit das System übersteuern. (z. B. kurzes Anbremsen als erweiterte Kollisionswarnung, Lenkradgegenmoment bei drohendem Verlassen der Spur).

- Teilautonome Systeme: Das FAS übernimmt einen Teil der Fahraufgabe (z. B. die Längsführung) und fordert den Fahrer zur Überwachung der automatisierten Regelung auf. Ebenso wie bei den assistierenden FAS kann der Fahrer die teilautonome Assistenz übersteuern bzw. deaktivieren.

- Vollautonome Systeme: Das FAS greift unter bestimmten Bedingungen spezifisch in die Fahrdynamik ein. Zurzeit kommen derartige Assistenzsysteme nur auf der Ebene der „Stabilisierung“ zum Einsatz (z. B. ABS, ASR, ESP). Prinzipiell ist eine Erweiterung auf die höheren Ebenen der Aufgabenhierarchie denkbar, doch für die nähere Zukunft unrealistisch und für diese Untersuchung nicht relevant.

Einige Definitionen schränken die Verwendung des Begriffs „Fahrerassistenz“ auf die intervenierenden Systeme (teilautonom und vollautonom) ein. Für dieses Projekt werden allerdings auch Systeme, die den Fahrer durch Warnung oder Information bei der Fahraufgabe unterstützen, als Fahrerassistenzsysteme gewertet.

Wichtig zur hier verwendeten Definition von Fahrerassistenz ist der Bezug zur Fahraufgabe. Es findet sich auch eine Vielzahl von Komfortsystemen im Fahrzeug bzw. in zukünftigen Fahrzeugen, die in erster Linie nicht direkt mit der Fahraufgabe in Verbindung stehen, wie z. B. CD/DVD-Spieler, TV oder Kommunikationsmedien (Telefon, E-Mail, SMS). Eine besondere Rolle spielen in diesem Zusammenhang mobile Endgeräte (Smart Phones, PDAs), die nicht nur Office-Anwendungen mobil verfügbar machen, sondern durch eine Funkverbindung (GSM, UMTS, GPS) auch fahrrelevante Aufgaben, wie die der Navigation, unterstützen können. Ausgehend von obiger Begriffsbestimmung sind mobile Systeme nur dann für diese Untersuchung relevant, wenn sie direkt mit der Fahraufgabe in Beziehung stehen.

2.2 Fehlgebrauch, Missbrauch

Eine allgemein anerkannte Definition von Fehlgebrauch und Missbrauch im Zusammenhang mit der Nutzung von Fahrerassistenzsystemen gibt es nach der durchgeführten Literatur- und Internetrecherche noch nicht. Ein gemeinsames Merkmal von Fehlgebrauch und Missbrauch ist jedoch, dass sie beide Verwendungsarten darstellen, die vom vorbestimmten Gebrauch (teilweise vom Hersteller beschrieben) in einer negativen Weise abweichen. Auch im englischen Sprachgebrauch wird zwischen den Verhaltenskategorien „Fehlgebrauch“ und „Missbrauch“ nicht eindeutig differenziert und beides in der Literatur als „misuse“ bezeichnet (z. B. BECKER, 2001). Zur weiteren Begriffsklärung werden deswegen zunächst verwandte Konzepte herangezogen.

2.2.1 Verwandte Konzepte

2.2.1.1 Unsichere Handlungen

Nach REASON (1990) lassen sich sog. „unsichere Handlungen“ in unbeabsichtigte und beabsichtigte trennen. Dabei werden den unbeabsichtigten Handlungen Ausführungs- und Gedächtnisfehler zugeordnet, den beabsichtigten Handlungen hingegen Denkfehler und so genannte Verletzungen. Denkfehler können dabei u. a. wissensbasiert sein (REASON, 1990), was auch falsches oder unvollständiges Wissen (RASMUSSEN, 1990) mit einschließt. Verletzungen können routinemäßig auftreten sowie Ausnahmetatbestände sein und setzen die Kenntnis der „sicheren Handlungsalternative“ voraus.

Die Konzepte „Fehlgebrauch“ und „Missbrauch“ könnten demnach im diesem Sinne als „Fehler“ angesehen werden. REASON liefert für eine genauere Definition der Phänomene Fehlgebrauch und Missbrauch drei wichtige Kriterien:

- Ist der Gebrauch vom Nutzer beabsichtigt vs. nicht beabsichtigt?
- Ist der vom Hersteller abweichende Gebrauch dem Nutzer bewusst oder nicht bewusst?
- Ist der Gebrauch ein Ausnahmetatbestand oder ein längerfristiges Phänomen?

2.2.1.2 Bestimmungsgemäße Verwendung und Fehlanwendung

Das Geräte- und Produktsicherheitsgesetz (GPSG) unterscheidet die sog. „bestimmungsgemäße Verwendung“ von der (vorhersehbaren) sog. „Fehlanwendung“. Ein Produkt wird nach § 2 Abs. 5 bestimmungsgemäß verwendet, wenn dabei die Angaben desjenigen, der es in den Verkehr bringt, berücksichtigt werden bzw. es in der üblichen Weise eingesetzt wird, die sich aus der Bauart und Ausführung des Produkts ergibt. Eine Fehlanwendung liegt gemäß § 2 Abs. 6 GPSG hingegen dann vor, wenn das Produkt in einer Weise verwendet wird, die von demjenigen, der es in den Verkehr bringt, nicht vorgesehen ist. Eine Fehlanwendung wird als „vorhersehbar“ bezeichnet, wenn sie aus dem vernünftigerweise vorhersehbaren Verhalten des zu erwartenden Verwenders abgeleitet werden kann.

Die im GPSG definierte „Fehlanwendung“ ist also eng verwandt mit den Konzepten „Fehlgebrauch“ und „Missbrauch“. Der Anwendungsbereich des GPSG ist jedoch für die Beurteilung von FAS eingeschränkt, da Produkte ausgeschlossen werden, die der Straßenverkehrs-Zulassungsordnung (StVZO) unterliegen (BECKER et al., 2001). Fahrzeuge, die mit Fahrerassistenzsystemen ausgestattet sind, unterliegen der StVZO und so gilt das GPSG aus juristischer Sicht nicht zur Einschätzung von Fehlgebrauch oder Missbrauch. Dennoch leistet ein Blick auf die verwandten Konzepte „Bestimmungsgemäße Verwendung“ und „Fehlanwendung“ für die Definition von Fehlgebrauch und Missbrauch einen wertvollen Beitrag.

2.2.1.3 Unsachgemäßer Gebrauch/Vorhersehbarer Fehlgebrauch

Eine weitere Quelle für die gewünschten Begriffsdefinitionen ist die ISO Norm 17287 (2002). Sie beschreibt „ein Verfahren zur Bewertung der Eignung eines bestimmten Verkehrsinformations- und -regelsystems (TICS) oder einer Kombination von TICS mit anderen Fahrzeugsystemen zur Benutzung durch den Fahrer während der Fahrt" (ISO 17287, Seite 5) und definiert Begriffe wie „unsachgemäßer Gebrauch" oder „vorhergesehener" Gebrauch" sowie die sog. „Fehlanwendung". Danach stellt die Nutzung von TICS-Funktionen während der Fahrt, die vom Hersteller nicht für den Gebrauch während der Fahrt vorgesehen sind, unsachgemäßen Gebrauch dar und kontrastiert so den vorgesehenen Gebrauch. Letzterer ist durch die Bedienungsanleitung und andere Herstellerinformationen bestimmt.

Bei dieser Gegenüberstellung spielt der Anwendungskontext die entscheidende Rolle: Eine Funktion wird richtig verwendet, aber im falschen Augenblick (während der Fahrt). Diese Definition des unsachgemäßen Gebrauchs ist für die meisten Fahrerassistenzsysteme nicht relevant, da diese explizit für den Gebrauch während der Fahrt ausgelegt sind.

Weiterhin wird in der ISO 17287 auf den vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlgebrauch eingegangen, der dann gegeben ist, wenn eine für den Gebrauch während der Fahrt vorgesehene Funktion vom Fahrer auf andere Weise verwendet wird und damit negative Auswirkungen wahrscheinlich werden.

2.2.1.4 Fehlerhaftes Produkt im Sinne der Produkthaftung

Der Begriff „Produkthaftung" verweist auf die Verantwortlichkeit des Herstellers einer Sache für Schäden, die bei der Benutzung dieses Produktes entstehen. Basierend auf der EU-Richtlinie 85/374/EEC wird für die Hersteller-Haftung zunächst das Vorliegen eines fehlerhaften Produkts vorausgesetzt. Ein Produkt ist jede bewegliche Sache, auch wenn sie Teil einer anderen Sache ist, sowie Elektrizität. Im Haftungsfall muss dieses Produkt einen Fehler aufweisen. Ein Fehler liegt (auch) dann vor, wenn das Produkt nicht die Sicherheit bietet, die der Verbraucher erwarten kann. Für die Frage der Erwartungshaltung wird auf die Sicht eines verständigen Verbrauchers abgestellt, wobei es insbesondere auf folgende Kriterien ankommt:

- Darbietung des Produkts: In Bedienungsanleitungen, sonstigen Produktbeschreibungen, Hinweisen auf Ware und Verpackung und Werbeaussagen wird dem Verbraucher das Produkt präsentiert. Wichtig ist, dass der Kunde die Erklärungen nicht missverstehen kann. Deswegen ist eine wahre, genaue und ausführliche Gebrauchsanweisung von besonderer Bedeutung.
- Gebrauch des Produkts, mit dem billigerderweise gerechnet werden kann: Das Produkt muss für den bestimmungsgemäßen Gebrauch, aber auch für damit zusammenhängende und vorhersehbare Behandlungen ausreichend sicher sein. Für einen nicht vorhersehbaren, missbräuchlichen Fehlgebrauch haftet der Hersteller aber nicht.
- Zeitpunkt des Inverkehrbringens: Entscheidend ist auch der Zeitpunkt, zu dem das Produkt in den Verkehr gebracht wird. Wenn sich erst zu einem späteren Zeitpunkt die Sicherheit eines Produkts (z. B. durch neue Techniken) steigern lässt, dann soll dies dem Hersteller nicht rückwirkend zur Last zu legen sein. Wohl aber wird er seine neuen Produkte dem Stand anpassen müssen.

Interessant ist, dass hier zwischen vorhersehbarem und nicht vorhersehbarem missbräuchlichem Fehlgebrauch unterschieden wird. Der Hersteller haftet für eine Produktgestaltung und -vermarktung, wenn diese in vorhersehbarer Weise zu einem Fehlgebrauch führt. Zwischen Fehlgebrauch und Missbrauch wird allerdings nicht unterschieden.

Das auf EU-Ebene initiierte Projekt RESPONSE (seit Oktober 2004 in der dritten Phase) beleuchtet ebenfalls Fragen, die in Zusammenhang mit dem Fahrerassistenzsystem selbst, den Nutzern des Systems und den gesetzlichen Rahmenbedingungen stehen. Die fehlende Berücksichtigung aller Gebrauchsmöglichkeiten (inklusive Fehl- und Missbrauch) wird hier den so genannten Konstruktionsfehlern zugeordnet, die wiederum haftungsrechtlich die Einstufung eines Produkts als defekt zur Folge haben (BECKER et al., 2001). Zur Klärung, ob bei einem Schadensfall nach Fehlgebrauch oder Missbrauch des FAS der Hersteller haftet, können sämtliche Produktinformationen, die dem Nutzer seitens des Herstellers verfügbar sind, herangezogen werden. Diese umfassen neben der Gebrauchsanwei-

sung auch Produktdemonstrationen und Werbematerial. Die Produktinformationen sollten deswegen Informationen bezüglich folgender Punkte enthalten:

- Ziel der Assistenz,
- Funktion der Assistenz: Welcher Teil der Fahraufgabe wird unterstützt?,
- Systemgebrauch,
- funktionale Systemgrenzen,
- situationale Grenzen,
- Sicherheitshinweise,
- Warnung bezüglich vorhersehbaren Fehl- und Missbrauchs,
- notwendige Wartungsinformationen,
- Hinweise, ob besondere Fertigkeiten zum Gebrauch des FAS notwendig sind.

Aus einer produkthaftungsrechtlichen Perspektive hängen die Begriffe Fehlgebrauch und Missbrauch also wesentlich von der Produktpräsentation durch den Hersteller und der damit verbundenen geweckten Erwartungshaltung beim Kunden ab.

2.2.1.5 Verhaltensanpassungen

Neben sicherheitsabträglichen Effekten, die aus der Ablenkung bei der Bedienung von Fahrerassistenzsystemen entstehen, spielen so genannte Verhaltensanpassungen seitens der FAS-Nutzer eine entscheidende Rolle. Ausgehend von einer 1990 veröffentlichten OECD-Studie zum Thema „Adaptation nach Einführung von Sicherheitsmaßnahmen“ wird Adaptation definiert als „unintendiertes Verhalten, das auftreten kann, wenn im Mensch-Straße-Fahrzeug-System Veränderungen eingeführt werden. Adaptation tritt als Reaktion der Verkehrsteilnehmer auf Veränderungen im Verkehrssystem auf. Dabei werden persönliche Bedürfnisse befriedigt, was zu Wirkungen führen kann, die sich auf einem Kontinuum von positiv bis negativ für die Sicherheit lokalisieren lassen“ (OECD, 1990, S. 23; nach PFAFFEROT et al., 1991). Adaptationsprozesse können auftreten, nachdem sich die positive Wirkung einer Maßnahme zunächst gezeigt hat (primärer Effekt), diese sich jedoch längerfristig wieder verändert (meist reduziert). Diese sekundäre Wirkungsebene lässt sich weiterhin unterscheiden, je nachdem, in welchem Zeitraum eine Verhaltensanpassung eintritt bzw. ob Adaptationen eintreten, die die Gefahrenexposition verändern (siehe Bild 2).

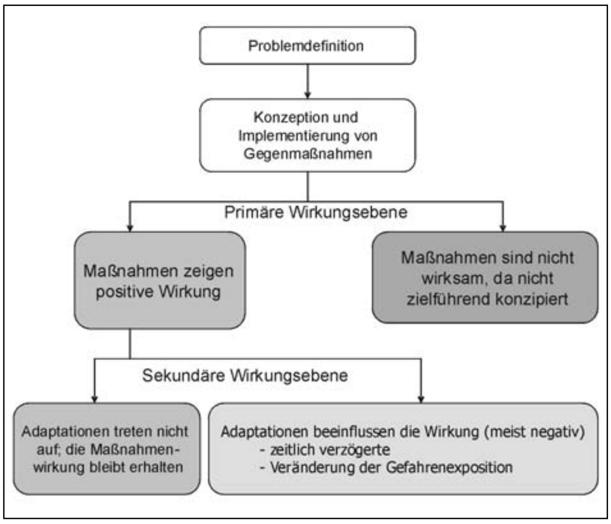


Bild 2: Anpassungsvorgänge nach der Einführung von Sicherheitsmaßnahmen

Fehlgebrauch und Missbrauch eines Fahrerassistenzsystems können so als Verhaltensanpassungen auf der primären oder sekundären Wirkungsebene aufgefasst werden. Auf der primären Ebene kann der fälschliche Gebrauch unmittelbar nach den ersten Nutzungen beobachtet werden, auf der sekundären Ebene tritt die fälschliche Nutzung erst nach einer zeitlichen Verzögerung, nachdem die Nutzer positive Erfahrungen mit dem System gemacht haben, auf.

2.2.1.6 Manipulation

Manipulation hängt mit Missbrauch zusammen, da hier zur Steigerung eines subjektiven Nutzens vom Hersteller nicht vorhergesehene Änderungen am Produkt vorgenommen werden. Dies stellt eine starke Form von Missbrauch dar, ist jedoch nicht Untersuchungsgegenstand dieser Studie.

2.2.2 Definition von Fehlgebrauch und Missbrauch

Aus obiger Diskussion der verwandten Konzepte können wichtige Anhaltspunkte für die in dieser Arbeit zu verwendende Definition von Fehlgebrauch und Missbrauch abgeleitet werden. Diese sind in Tabelle 1 aufgelistet.

Darauf aufbauend können die Kriterien hierarchisch strukturiert und den entstehenden Konzepten Begriffe zugeordnet werden (siehe Bild 3).

1. Ein im Sinne des Herstellers korrekter Gebrauch liegt dann vor, wenn die Nutzung des FAS vom Einsatzzweck und den Einsatzbedingungen vom Hersteller vorgesehen ist und die Fahrer ein korrektes Systemverständnis haben.

   Beispiel: Ein Spurwechselassistent warnt den Fahrer vor einem Objekt im toten Winkel, das er trotz Schulterblicks nicht gesehen hat. Damit er in solchen Situationen von einem gefährlichen Spurwechsel gewarnt wird, hat der Fahrer das FAS aktiviert.

Quelle	Kriterium
GPSG	Vom Hersteller nicht vorgesehener vs. vom Hersteller vorgesehener Gebrauch
GPSG und 85/374/EEC	Vorhersehbare vs. nicht vorhersehbare Abweichung vom intendierten Gebrauch
ISO 17287	Falscher Einsatzzweck vs. falscher Einsatzkontext
Reason'sche Fehlertaxonomie	Konsequenzen (Verletzung der Herstellerangaben) bewusst vs. nicht bewusst
Reason'sche Fehlertaxonomie	Nicht intendierter Gebrauch als Ausnahmeerscheinung vs. Routineverhalten
OECD-Bericht	Verhaltensanpassungen auf der primären und sekundären Wirkungsebene

Tab. 1: Abgeleitete Kriterien zur Definition von Fehlgebrauch und Missbrauch

2. Ein unkritischer Gebrauch besteht, wenn die Fahrer ein FAS in einer Weise gebrauchen, die den Herstellerangaben nicht widersprechen, obwohl sie eine falsche Vorstellung über die Leistungsgrenzen oder den Einsatzzweck haben.

   Beispiel: Die Nutzer eines Spurassistenten glauben, dass der Hersteller damit längere Fahrten bei Müdigkeit ermöglichen möchte. Sie nutzen es für diesen Zweck jedoch nicht, da sie persönlich dies für zu riskant halten.

3. Missbrauch liegt dann vor, wenn der vom Fahrer realisierte Gebrauch des FAS vom Hersteller nicht vorgesehen ist und diese Übertretung dem Fahrer auch bewusst ist. In der Regel kann der Fahrer bei Übertretung der Herstellerhinweise den subjektiven Nutzen des FAS steigern und nimmt dadurch entstehende Sicherheitsrisiken bewusst in Kauf. Missbrauch kann auch als eine Verhaltensanpassung angesehen werden, die in der Regel zeitlich verzögert auftritt.

   Beispiel: Der Nutzer eines Fahrzeugs mit Spurassistenten gebraucht das System, um seine visuelle Aufmerksamkeit (auf freier Strecke) auf andere Dinge (z. B. das Suchen von Gegenständen im Fußraum des Beifahrerplatzes) richten zu können. Obwohl er in der Bedienungsanleitung ausdrücklich darauf hingewiesen wurde, hat er in der Vergangenheit keine schlechten Er-

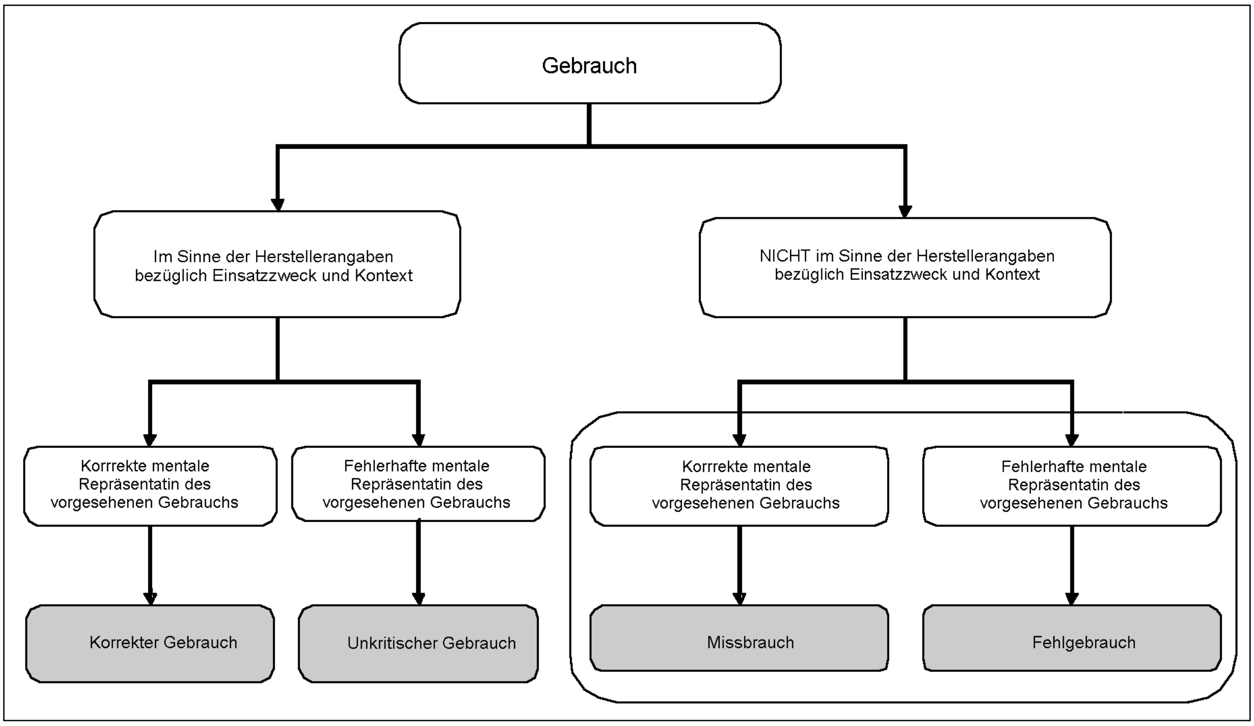


Bild 3: Hierarchisches Schema zur Definition von Fehlgebrauch und Missbrauch

fahrungen mit diesem Verhalten gemacht und ist bereit, das FAS auch öfter für diesen Zweck einzusetzen.

4. Fehlgebrauch liegt dann vor, wenn der vom Fahrer realisierte Gebrauch des FAS vom Hersteller nicht vorgesehen ist, diese Übertretung dem Fahrer jedoch nicht bewusst ist. Fehlgebrauch kann als unmittelbare oder zeitlich verzögerte Verhaltensanpassung auftreten.

   Beispiel: Der Nutzer eines mit ABS ausgestatteten Fahrzeugs glaubt, dass der Bremsweg unter allen Umständen durch das FAS verkürzt wird, und akzeptiert daher kürzere Abstände zum vorausfahrenden Fahrzeug.

Den beschriebenen vier Gebrauchsarten ist gemeinsam, dass sie nicht als Ausnahmeerscheinung auftreten sondern als stabiles Gebrauchsmuster über einen längeren Zeitraum angesehen werden können. Die unbeabsichtigten Ausführungsfehler (nach REASON) wurden deswegen bei der Begriffsklärung der Gebrauchsarten „Fehlgebrauch“ und „Missbrauch“ nicht direkt berücksichtigt, da sie üblicherweise nicht routinemäßig ausgeführt werden. Ausführungsfehler (oder auch Bedienfehler) können beim Gebrauch von Fahrerassistenzsystemen eine wichtige Rolle spielen, da sie unter bestimmten Umständen sicherheitskritisch werden können. Sie werden jedoch für diese Studie, in der es um stabiles Gebrauchsverhalten geht, nicht gezielt berücksichtigt.

Schließlich wird außerdem festgelegt, dass die Nicht-Verwendung eines deaktivierbaren FAS für sich genommen keinen Fehlgebrauch oder Missbrauch darstellt.

Das vorgestellte Schema (vgl. Bild 2) orientiert sich an einer produkthaftungsrechtlichen Perspektive, da die Unterteilung des Gebrauchs wesentlich von den gemachten Herstellerangaben geprägt ist. In der Praxis ist es jedoch nicht immer eindeutig, welche Gebrauchsarten vom Hersteller eines FAS konkret vorgesehen bzw. nicht vorgesehen sind. Deswegen spielt für den Zweck dieser Untersuchung das in Kapitel 2.2.1.5 definierte Konzept der Verhaltensanpassungen eine zentrale Rolle bei der Beurteilung der Gebrauchsarten. Fehlgebrauch und Missbrauch von FAS zeigen sich über (negative) Verhaltensanpassungen und führen in der Regel zu einer Einbuße des intendierten Sicherheitsgewinns. Verhaltensadaptationen lassen sich leichter anhand spezifischer Indikatoren wie z. B.

- einer Veränderungen in der Wahl der Geschwindigkeit oder des Abstands,
- einer Reduzierung von Kontrollblicken beim Spurwechsel oder
- einer Änderung der Häufigkeit kritischer/gefährlicher Situationen

im Fahrerverhalten feststellen.

Können anhand der Indikatoren Merkmale im Fahrerverhalten festgestellt werden, die den maximal möglichen Sicherheitsgewinn eines FAS einschränken, so wird dies als „nicht im Sinne des Herstellers“ betrachtet. Hinter dieser Festlegung steckt die Annahme, dass Fahrerassistenzsysteme dazu entwickelt werden, um den größtmöglichen Sicherheitsgewinn für den Nutzer und andere Verkehrsteilnehmer zu erzielen.

Sicherlich spielt bei der Interpretation gefundener Verhaltensanpassungen auch deren Ausmaß eine wichtige Rolle. Eine durchschnittliche Geschwindigkeitserhöhung aufgrund der Nutzung eines Night-Vision-Systems um 5 km/h ist weniger bedeutsam als eine um 15 km/h. Dennoch stellen beide Effekte – nach der festgelegten Definition – einen nicht erwünschten Gebrauch des Systems dar.

3 Der Faktor „Mensch“

3.1 Missbrauch und die Rolle des subjektiven Nutzens

Fahrer setzen sich in bestimmten Fällen beabsichtigt über die Intention des Herstellers, die oftmals in der Gebrauchsanweisung eines FAS klar ersichtlich ist, hinweg, was als Missbrauch definiert wurde. Diese Übertretung ist in der Regel durch einen dadurch gewonnenen Zusatznutzen motiviert.

Wie im EU-Projekt ADASE2 definiert, ist das Ziel der Einführung von Fahrerassistenzsystemen die gleichzeitige Steigerung von Sicherheit, Komfort und Effizienz. Beispielsweise ist das von den Herstellern eines ACC beabsichtigte Ziel, durch angepasste Abstände zum vorausfahrenden Fahrzeug die Sicherheit zu erhöhen, durch eine Teilübernahme der Fahrzeug-Längsführung den Komfort zu steigern und durch eine Homogenisierung der Fahrzeuggeschwindigkeiten (bei entsprechendem Anteil von mit ACC ausgestatteten Fahrzeugen) die Effizienz des Verkehrsflusses zu optimieren.

Ausgehend von verschiedenen Risikomodellen in der Verkehrspsychologie, deren Diskussion den hier vorliegenden Rahmen übersteigen würde, verhalten sich Autofahrer im Verkehr derart, dass das subjektive Risiko eines Unfalls auf einem akzeptierbaren Niveau bleibt (WILDE, 1994) bzw. möglichst gering ist (SUMMALA, 1997). Unter bestimmten Umständen kann der durch das Assistenzsystem realisierte Zuwachs an Sicherheit auch dazu genutzt werden, um die anderen oben genannten Ziele – Komfort oder Effizienz – zu steigern. Die missbräuchliche Nutzung eines FAS ist von daher nicht irrational, das Problem ist jedoch, dass eine Befriedigung anderer Motive hier unter Umständen auf Kosten des für FAS primären Motivs Sicherheit erreicht wird. Sind sich die Fahrer, die ein FAS missbräuchlich nutzen, über die Sicherheitseinbuße bewusst, so können andererseits kognitive Anpassungsvorgänge auftreten, die sich z. B. in einer gesteigerten Aufmerksamkeit auf die Fahraufgabe äußern. Eine Intensivierung der Aufmerksamkeit auf die Fahraufgabe kann unter Umständen das erhöhte Verkehrsrisiko eines missbräuchlichen Gebrauchs eines FAS kompensieren, allerdings ist dieser Effekt wegen Fehleinschätzungen (insbesondere Unterschätzungen des Verkehrsrisikos) schwer kalkulierbar. Die Einstufung des Missbrauchs als „kritisches und nicht erwünschtes Verhalten“ bleibt auch unter diesen Umständen bestehen.

3.2 Fehlgebrauch und die Rolle mentaler Modelle

Nach obiger Definition entsteht Fehlgebrauch dann, wenn der Fahrer ein Fahrerassistenzsystem unbeabsichtigt in einer Weise nutzt, die vom vorgesehenen Gebrauch durch den Hersteller abweicht. Dies kann durch mangelhafte und/oder irreführende Produktinformationen bzw. deren unzureichende Berücksichtigung verursacht sein. Zwar enthält die Betriebsanleitung eines FAS üblicherweise zahlreiche Angaben zu Systemgrenzen und Gefahrenhinweisen, doch wird diese in der Realität oft nicht im Detail gelesen.

Warum Personen dennoch rasch eine Vorstellung von der Funktionsweise (und den dadurch bedingten Systemgrenzen) aufbauen, liegt an der Verwendung so genannter mentaler Modelle (GENTNER et al., 1983). Verschiedenartige Zusammenhänge können dadurch erklärt werden, indem die wesentlichen Elemente und ihre Beziehungen zueinander in einer Vorstellung, einem „geistigen Modell“, gespeichert werden. Mentale Modelle werden zunächst durch verfügbare Informationen, Erwartungen und individuelle Lernerfahrungen aufgebaut und können auf andere Bereiche, die subjektiv mit dem ursprünglichen verwandt scheinen, übertragen werden. Dabei erzeugen Menschen in den gleichen Situationen durchaus andere Modelle, die sich in ihrer Qualität zur korrekten Interpretation einer Situation unterscheiden. Idealerweise entspricht das mentale Modell eines Nutzers der tatsächlichen Funktionsweise des Systems. Für ein adäquates mentales Modell reicht es allerdings bereits aus, wenn damit alle relevanten Phänomene erklärt und Vorhersagen korrekt getroffen werden können.

Wird ein in diesem Sinne nicht adäquates mentales Modell bei der Nutzung eines Fahrerassistenzsystems verwendet, so hat dies negative Auswirkungen auf den Lernprozess und kann zu Fehlgebrauch führen. Da sich Nutzer eines FAS des Fehlgebrauchs nicht bewusst sind, können im Gegensatz zum Missbrauch keine kompensierenden Maßnahmen (wie z. B. eine gesteigerte Aufmerksamkeit auf die Fahraufgabe) ergriffen werden. Je nach Art des Fehlgebrauchs kann dies zu einer deutlichen Reduzierung der Verkehrssicherheit führen.

Der Aufbau adäquater mentaler Modelle kann andererseits aber auch durch Produktinformationen, die keine falschen Erwartungen wecken, sowie durch eine Gestaltung der Systeme, die Fehlgebrauch einschränkt, erleichtert werden.

3.3 Einfluss bestimmter Fahrercharakteristika auf Verhaltensanpassungen

Verhaltensanpassungen nach der Einführung von Sicherheitsmaßnahmen werden durch individuelle Eigenschaften des Fahrers vielfältig beeinflusst. Art und Häufigkeit der Nutzung eines FAS sowie die Akzeptanz einer elektronischen Unterstützung hängen entscheidend von persönlichen Faktoren ab.

Unter dem Konzept „Fahrstil“ wird eine relativ stabile Eigenschaft der Fahrweise eines Fahrers verstanden, die sich in Variablen wie „bevorzugte Geschwindigkeit“, „Sicherheitsabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug“, „vorausschauendes Fahren“ usw. (siehe FRENCH et al., 1993) zeigt. Einige widersprüchliche Ergebnisse bei der Untersuchung der Verhaltensauswirkungen von ACC-Systemen

konnten bereits durch Berücksichtigung des persönlichen Fahrstils aufgeklärt werden. So zeigt sich z. B. eine Reduktion der Spurwechselmanöver bzw. die Tendenz, auf der linken Spur zu verbleiben, vor allem bei Fahrern, die ohne ACC auch schon öfter die Spur wechseln als bei eher ruhigen Fahrern (SAAD und VILLAME, 1996). Ebenso wirkt sich der Fahrstil eines Fahrers auf die Akzeptanz eines FAS aus: „Sportliche“ Fahrer akzeptierten z. B. ein ACC-System weniger als „gemütliche“ Fahrer und nutzten das System auch dementsprechend weniger häufig (FANCHER et al., 1998). Ein Einfluss des Fahrstils auf einen potenziellen Fehlgebrauch oder Missbrauch eines FAS kann somit auch vermutet werden.

Zu den Persönlichkeitszügen mit der größten Vorhersagequalität bezüglich Fahrerverhalten gehört das psychologische Konstrukt „Sensation Seeking“ (vgl. RUDIN-BROWN, 2004, oder auch NOY, 2002). Sensation Seeking wird als eine generalisierte Verhaltensdisposition verstanden, gekennzeichnet durch das Bedürfnis nach abwechslungsreichen, neuen und komplexen Eindrücken und die zugehörige Bereitschaft, um solcher Eindrücke willen physische und soziale Risiken in Kauf zu nehmen (ZUCKERMAN, 1979).

Für das Beispiel eines ACC-Systems konnte z. B. gefunden werden, dass Fahrer mit einer ausgeprägten Neigung zur „Sensationssuche“ durchschnittlich mit einem höheren Tempo fuhren als Fahrer mit einer geringeren Neigung (siehe WARD, 1995; RUDIN-BROWN, 2004). Aus der Perspektive von „High Sensation Seekers“ leistet ein ACC-System einen höheren Sicherheitsbeitrag, als es „Low Sensation Seekers“ empfinden und berichten. Ebenso wurde für „High Sensation Seekers“, die mit ACC fuhren, eine langsamere Reaktion auf bremsende vorausfahrende Fahrzeuge und eine geringere Spurhalteleistung festgestellt.

Angesichts der aktuellen Forschungsbefundlage ist davon auszugehen, dass Verhaltensänderungen und -anpassungen von der persönlichen Ausprägung des Persönlichkeitsmerkmals „Sensation Seeking“ begünstigt und verstärkt werden können. Die wechselseitige intra-individuelle Beeinflussung von Persönlichkeitszügen und Fahrstil bzw. ein hier bestehender Zusammenhang bedarf allerdings weiterer Untersuchungen. Dies ist nicht Ziel und Aufgabe der vorliegenden Erhebung. Vielmehr geht es in dieser Arbeit darum, allgemeine Fehlgebrauchs- und Missbrauchsmöglichkeiten von Fahrerassistenzsystemen zu identifizieren, um dies bei der Produktgestaltung zukünftiger Versionen vorbeugend berücksichtigen zu können.

4 Auswahl von FAS

Die Zahl der derzeit am Markt oder im Prototypenstadium verfügbaren FAS ist groß. Die folgende Auflistung von Fahrerassistenzsystemen soll einen Überblick geben und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Einige Systeme befinden sich auch an der Grenze, um als typische Fahrerassistenzsysteme angesehen zu werden, sie sind jedoch aufgrund des sicherheitsdienlichen Einsatzes vor einem Unfall mit in die Liste aufgenommen worden. Zu Beginn werden die bereits am Markt verfügbaren Assistenzsysteme beschrieben.

Die für die Auswahl relevanten FAS sind:

- ABS (Anti-Blockier-System),
- ESP (Electronic Stability Program),
- ACC (Adaptive Cruise Control),
- AFL (Adaptives Frontlicht),
- BAS (Bremsassistent),
- Reifendruckkontrolle,
- Active Front Steering,
- Adaptive Suspension System,
- Spurassistent LDW (Lane Departure Warning),
- Navigationssystem,
- Einparkhilfe,
- Speed Alert Device (z. B. ISA = Intelligent Speed Adaptation),
- Night Vision,
- Blind Spot Monitoring,
- ACC mit Stop & Go,
- Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Warnung,
- Lane Keeping System (LKS),
- Collision Warning (CW),
- Curve Speed Assistant (CSA),
- Automatische Notbremse (ANB)/Obstacle and Collision Avoidance,

- Parkassistent,
- Aufmerksamkeits-/Müdigkeitswarnung.

Für eine detaillierte Beschreibung aller aufgelisteten FAS sei auf den Anhang A verwiesen. Dort finden sich weitere Informationen zur Funktionsweise, zu den aus der Literaturrecherche gefundenen Effekten/Verhaltensanpassungen sowie zu potenziellen nicht erwünschten Gebrauchsarten.

Um aus der Vielzahl der bereits verfügbaren FAS oder in der Entwicklung befindlichen Prototypen eine Auswahl zu treffen, die in der angebotenen Studie näher untersuchbar ist, werden sämtliche oben beschriebene FAS anhand bestimmter Kriterien beurteilt. Diese Kriterien umfassen zunächst praktische Aspekte wie „Welche FAS können im Feldversuch bzw. im Fahrsimulator überhaupt untersucht werden?“ sowie in einem zweiten Schritt theoretische Aspekte wie „Wie wahrscheinlich ist für ein bestimmtes FAS Fehlgebrauch oder Missbrauch?“. Außerdem sind solche FAS für die Aufnahme in die Untersuchung interessanter, die in naher Zukunft auf dem Markt angeboten werden und zu denen noch keine ausführlichen Verhaltensstudien durchgeführt wurden.

4.1 Vorselektion der Fahrerassistenzsysteme

4.1.1 Vorauswahl für die Feldbefragung

Es sollen für die Längsschnittstudie insgesamt zwei Fahrerassistenzsysteme ausgewählt werden, die zum aktuellen Zeitpunkt in ausreichender Zahl auf dem Markt verfügbar sind. Aus der oben aufgeführten Liste stehen zur Auswahl:

- ABS (Anti-Blockier-System),
- ESP (Electronic Stability Program),
- Navigationssystem,
- Einparkhilfe,
- ACC (Adaptive Cruise Control),
- AFL (Adaptives Frontlicht),
- BAS (Bremsassistent),
- Reifendruckkontrolle,
- Active Front Steering,
- Spurassistent LDW (Lane Departure Warning).

4.1.2 Vorauswahl für das Fahrsimulatorexperiment

Für experimentelle Untersuchungen im Fahrsimulator der Universität Stuttgart bzw. des Fraunhofer IAO (Beschreibung unter http://www.zve.iao.fraunhofer.de/equipment.html) sollen weitere Fahrerassistenzsysteme als virtuelle Prototypen auf ihr unmittelbares Fehlgebrauchs- und Missbrauchspotenzial untersucht werden. Da Fahrerverhaltensdaten als Indikatoren für Fehlgebrauch- und Missbrauch herangezogen werden, ist es notwendig, sicherzustellen, dass die für spezifische FAS typischen Fahrmanöver valide in der Fahrsimulation abgebildet werden können. Fahrerassistenzsysteme und deren Anforderungen an die Fahrsimulation unterscheiden sich diesbezüglich. Die folgende Liste enthält FAS, die im zu verwendenden Fahrsimulator realisierbar sind:

- ACC (Adaptive Cruise Control),
- Reifendruckkontrolle,
- Spurassistent LDW (Lane Departure Warning),
- Navigationssystem,
- Speed Alert Device (z. B. ISA = Intelligent Speed Adaptation),
- Blind Spot Monitoring,
- ACC mit Stop & Go,
- Fahrzeug-zu-Fahrzeug-Warnung,
- Collision Warning (CW),
- Curve Speed Assistant (CSA),
- Automatische Notbremse (ANB)/Obstacle and Collision Avoidance,
- Aufmerksamkeits-/Müdigkeitswarnung.

4.2 Auswahl der FAS zur Aufnahme in den Versuchsplan

4.2.1 Auswahl gemäß Fehlgebrauchs- und Missbrauchspotenzial

Die Kriterien zur theoretischen Vorhersage eines Fehlgebrauchs- oder Missbrauchspotenzials werden aus der Zusammenfassung des OECD-Berichts (vgl. PFAFFEROT, 1991) und aus der Beschreibung der RESPONSE-Checkliste (BECKER et al., 2001) abgeleitet. Die Kriterien der OECD-

Studie beziehen sich auf die Auftretenswahrscheinlichkeit von sekundären Verhaltensadaptationen, die Kriterien aus der RESPONSE-Checkliste beziehen sich auf „misuse potential“, das auf Fehlgebrauch und Missbrauch von FAS übertragen wurde. Diese beiden Quellen (OECD-Bericht und RESPONSE-Checklist) liefern nach der durchgeführten Literaturrecherche die für diese Studie sinnvollsten Auswahlkriterien.

Aus dem OECD-Bericht (vgl. PFAFFEROT, 1991) lassen sich folgenden Aussagen nutzen:

Negative sekundäre Verhaltensanpassungen sind wahrscheinlich, wenn

- das FAS im Alltag präsent ist (VA1),
- die Rückmeldung des FAS unmittelbar ist (VA2),
- der Handlungsspielraum des Fahrers erweitert wird (VA3),
- sich eine Erhöhung der subjektiven Sicherheit ergibt (VA4) oder
- Auslebenstendenzen durch das FAS angesprochen werden (VA5).

Basierend auf der im Projekt RESPONSE entwickelten Checkliste können weitere Kriterien herangezogen werden. In der Originalversion der in Englisch publizierten Checkliste wird „misuse potential“ als eines von 18 Kriterien zur Beurteilung eines FAS-Konzepts vorgeschlagen. Des Weiteren werden eine Reihe von Prüffragen vorgestellt, mit deren Hilfe Aussagen über das „misuse potential“ getroffen werden. Ausgehend von den oben beschriebenen Definitionen von Fehlgebrauch und Missbrauch wurden für die vorliegende Studie alle Prüffragen danach eingeteilt, ob sie für ein gegebenes FAS zu Fehlgebrauch und/oder Missbrauch führen könnten. Die folgenden Aussagen basieren auf dieser vom Autor vorgenommenen Einteilung.

Fehlgebrauch eines Fahrerassistenzsystems ist dann wahrscheinlich, wenn

- Systemparameter an Verkehrs- und Umweltbedingungen (z. B. Sichtbedingungen) nicht angepasst werden können (F1),
- das FAS als Unterhaltungssystem verstanden werden kann (F2),
- die Produktbeschreibung des FAS Informationen nicht enthält, die auf spezielle Fertigkeiten/Kenntnisse des Nutzers hinweisen, oder aus der Produktinformation nicht hervorgeht, dass das FAS für bestimmte Benutzergruppen nicht geeignet ist (F3),
- beim Gebrauch des FAS ein falsches Systemverständnis durch bereits gemachte Erfahrungen mit ähnliche Systemen oder allgemeinen Fahrerfahrungen entstehen kann (F4),
- die Systemgrenzen (z. B. Sensoren) des FAS nicht sofort verstehbar und unter verschiedenen Umweltbedingungen für den Fahrer nicht vorhersagbar sind (F5),
- unrealistische Erwartungen des „am meisten gefährdeten und des am wenigsten informierten“ Fahrers geweckt werden (F6).

Fehlgebrauch oder Missbrauch eines Fahrerassistenzsystems sind dann wahrscheinlich, wenn

- die Produktinformationen unrealistische Erwartungen an das FAS hervorrufen und damit riskantes Verhalten fördern (MF1),
- das FAS zu anderen Zwecken als denen, die der Hersteller beabsichtigt hat, genutzt werden kann (MF2),
- es keine physikalische (oder andere) Beschränkungen (in der Produktgestaltung) gibt, das System falsch einzusetzen (MF3).

Missbrauch eines Fahrerassistenzsystems ist dann wahrscheinlich, wenn

- das FAS dem Fahrer eine überschätzte Vorstellung der eigenen Fahrfertigkeiten suggeriert (M1),
- der Fahrer mit aktiviertem FAS sich weniger aktiv um die Herstellung von Sicherheit bemüht (M2),
- das FAS in einer Art verstanden wird, dass gedanken- und sorgloses Verhalten entsteht, welches zu gefährlichen Situationen führen kann (M3),
- die Systemfunktionen ein Verhalten begünstigen, das „Grenzen austestet“ (M4).

Für die Expertenbeurteilung der Fahrerassistenzsysteme (Workshop mit 5 Experten aus dem Bereich Ergonomie und Verkehrspsychologie) wurden alle verfügbaren Kriterien (VA1-5, F1-6, MF1-3 und

M1-4) in der beschriebenen Reihenfolge zugrunde gelegt. Die Reihenfolge sowie die Nummerierung der Kriterien hatten dabei keine inhaltliche Bedeutung. Die Beurteilung eines Kriteriums war für jedes FAS in vier Abstufungen möglich:

- ● Kriterium erfüllt,
- ⊙ Kriterium teilweise erfüllt,
- ○ Kriterium nicht erfüllt,
- -- Kriterium nicht relevant oder nicht ausreichend beantwortbar.

Nach einer kurzen Beschreibung des FAS durch den Moderator wurden die Einschätzungen der Experten (●, ⊙, ○, --) für jede Kombination aus FAS und Kriterium erhoben. Bei homogenen Bewertungen wurde das Urteil direkt in die Matrix aufgenommen, im Falle einer abweichenden Bewertung wurde zunächst durch eine kurze Diskussion Konsens gesucht. Falls dies nicht möglich war, entschied der Moderator aufgrund der Mehrheitsverhältnisse, welche Beurteilung in die Matrix aufgenommen wird. Die Entscheidungsmatrix wird so als Mittel zur Auswahl bestimmter Fahrerassistenzsysteme herangezogen – sie stellt jedoch keine endgültige Bewertung der FAS nach allgemeinen wissenschaftlichen Maßstäben (Objektivität, Reliabilität, Validität) dar.

4.2.2 Ergebnis der Auswahl

Tabelle 2 zeigt sowohl die verwendete Matrix als auch die zusammengefassten Ergebnisse der Bewertungen. Die Fahrerassistenzsysteme sind in dieser Darstellung bereits nach der Realisierbarkeit für den Feldversuch bzw. für die Fahrsimulatoruntersuchungen geordnet: Die ersten 10 FAS sind bereits am Markt erhältlich und können somit prinzipiell in die Felduntersuchung aufgenommen werden. Die davon durch eine verstärkte vertikale Linie abgetrennten nächsten 8 FAS sind nicht (ausreichend) am Markt erhältlich, können jedoch im Fahrsimulator realisiert werden.

Innerhalb dieser Aufteilung wurden die FAS ebenfalls nach ihrer Gesamtbewertung in eine Reihenfolge gebracht. Die nach dem verwendeten Kriterium (Potenzial zu sekundärer Verhaltensanpassung, Fehlgebrauch, Missbrauch) am kritischsten beurteilten FAS finden sich jeweils auf der linken Seite, die weniger kritischen auf der rechten Seite der beiden Spaltenabschnitte.

Aufgrund dieser Beurteilung und der Vorgabe, zwei FAS für den Feldversuch und drei für den Fahrsimulatorversuch auszuwählen, ergibt sich folgende Wahl von Fahrerassistenzsystemen für die durchzuführenden Untersuchungen:

Simulatorversuche: Curve Speed Assistant (CSA), Blind Spot Monitoring (BSW) und Collision Warning (CW),

Feldversuche: ACC (Adaptive Cruise Control) und Spurassistent LDW (Lane Departure Warning).

	Eignung Feld	Eignung Fahrsim.	VA1	VA2	VA3	VA4	VA5	F1	F2	F3	F4	F5	F6	MF1	MF2	MF3	M1	M2	M3	M4
Speed alert device	○	●	●	●	○	⊙	○		○		○	○	○		○	--	○	○	○	○
BAS (Bremsassistent)	●	○	○	○	○	⊙	○		○		○	○	⊙		○	--	⊙	○	○	○
Active Front Steering	●	○	⊙	⊙	⊙	⊙	○		○		○	⊙	⊙		○	--	⊙	○	○	○
AFL (Adaptives Frontlicht)	●	○	●	⊙	⊙	⊙	○		○		○	○	○		○	--	○	○	○	○
Einparkhilfe	●	●	●	●	●	●	○		○		○	○	○		⊙	○	○	⊙	○	●
Adaptive Suspension (Dynamic Drive)	⊙	○	⊙	○	⊙	⊙	⊙		○		⊙	⊙	⊙		○	●	●	⊙	○	●
ESP	●	○	○	●	⊙	●	⊙		○		⊙	⊙	●		○	○	⊙	⊙	⊙	⊙
Navigations-system	●	●	●	●	●	⊙	⊙		⊙		⊙	⊙	⊙		○	●	○	⊙	⊙	○
ABS	●	○	○	●	●	●	○		○		⊙	●	●		○	●	⊙	⊙	⊙	○
Spurassistent LDW (Lane Departure Warning)	●	●	●	●	⊙	●	○		○		--	⊙	●		⊙	●	○	⊙	⊙	⊙
ACC (Adaptive Cruise Control)	●	●	●	●	●	⊙	⊙		○		●	●	●		⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙
Automatische Notbremse (ANB)/ Obstacle and Collision	○	●	○	●	○	●	○		○		○	⊙	●		○	--	○	○	○	○
Fahrzeug-zu Fahrzeug Warnung	○	●	⊙	●	●	●	○		○		○	○	⊙		○	--	○	⊙	⊙	○
ACC mit Stop&Go	○	●	●	●	●	⊙	○		○		⊙	⊙	●		⊙	○	○	○	⊙	○
Aufmerksamkeits-/ Müdigkeitsüberwachung	○	⊙	●	●	●	●	○		○		●	●	●		⊙	●	○	○	⊙	⊙
Collision Warning (CW)	○	●	⊙	●	⊙	●	⊙		○		⊙	●	●		○	--	⊙	●	●	●
Blind Spot Monitoring	⊙	●	●	●	⊙	●	○		○		●	●	●		⊙	●	⊙	●	●	⊙
Curve Speed Assistant (CSA)	○	●	●	●	●	●	⊙		○		⊙	●	●		○	--	●	●	⊙	●

Tab. 2: Ergebnisse des Expertenworkshops zur Einschätzung ades Fehlgebrauchs- bzw. Missbrauchspotenzials verschiedener FAS:
●: Kriterium erfüllt,
⊙: Kriterium teilweise erfüllt,
○: Kriterium nicht erfüllt,
--: Kriterium nicht relevant oder nicht ausreichend beantwortbar

5 Fahrsimulatorversuch

5.1 Einleitung

Um Fragestellungen zu untersuchen, die sich auf die ausgewählten zukünftigen Fahrerassistenzsysteme „Frontal Collision Warning“ (FCW), „Blind Spot Warning“ (BSW) und „Curve Speed Assistant“ (CSA) beziehen, wurde ein Experiment im Fahrsimulator des Fraunhofer IAO realisiert.

Wie bereits diskutiert, stellt der Fehlgebrauch oder Missbrauch eines FAS (negative) Verhaltensanpassungen dar. Die den Experimenten im Fahrsimulator zugrunde liegende Idee war zu überprüfen, ob erste unmittelbare (meist unbewusste) Verhaltensänderungen bei einer Fahrt mit den ausgewählten elektronischen Assistenzsystemen auftreten. Dies geschah über einen Vergleich des Fahrerverhaltens ohne bzw. mit Assistenzsystem. Außerdem wurden in den Fahrszenarien Bedingungen – wie Nebelabschnitte oder Bremsmanöver – realisiert, die eine nicht erwünschte Nutzung des FAS unter Umständen hervorrufen oder begünstigen könnten. Begleitend wurden durch Fragebögen subjektive Daten zur Wahrnehmung der jeweiligen Assistenz erhoben, die zum einen eine Differenzierung der gefundenen Ergebnisse erlauben und zum anderen weitere Rückschlüsse auf das Konzept „Fehlgebrauch“ schließen lassen.[1]

[1] Es kann vermutet werden, dass vom Fahrer motiviertes „Missbrauchsverhalten“ erst nach längerem Gebrauch des Systems unter bestimmten Bedingungen auftritt. Von daher kann „Missbrauch“ in den kurz angelegten experimentellen Studien nur sehr begrenzt untersucht werden.

Eine herausragende Stellung nahm bei den subjektiven Faktoren das „mentale Modell“ eines Fahrers über ein FAS ein. Adäquate mentale Modelle über die Funktionsweise eines FAS (und dessen Leistungsgrenzen) sollten bei Fahrern zu weniger Fehlgebrauch führen. Da mentale Modelle unter anderem über die Produktdarstellung beeinflusst werden können, wurden alle Teilnehmer des Experiments in drei Gruppen zu je 10 Personen aufgeteilt, denen zu Versuchbeginn unterschiedlich ausführliche Beschreibungen der Fahrerassistenzsysteme in schriftlicher Form gegeben wurden (siehe Anhang B: einfache Instruktion; Anhang C: einfache Instruktion mit Warnhinweis; Anhang D: ausführliche Instruktion mit Warnhinweis).

5.2 Versuchsdesign

Wie in Tabelle 3 dargestellt fuhren alle 30 Personen zu zwei verschiedenen Terminen (Sessions) in abwechselnder Reihenfolge einmal mit FAS (Experimentalbedingung) und einmal ohne FAS (Kontrollbedingung). Es wurden spezielle Szenarien entwickelt, die für die Nutzung des jeweiligen FAS passend sind (Autobahnszenarien für FCW und BSW, Landstraßenszenario für CSA). Die Reihenfolge der drei Fahrerassistenzsysteme in beiden Bedingungen wurde für jede Versuchsperson randomisiert, um Lern- bzw. Gewöhnungseffekte an die Fahrsimulation zu kontrollieren. Die Instruktion lautete für alle Teilnehmer, genau so zu fahren, wie sie in der Realität auch fahren würden.

Der Ablauf einer Session war standardisiert und bestand für die Referenzfahrt aus

- Lesen der Instruktion,

	Session 1			Session 2		
Vp01	BSWref	FCWref	CSAref	BSWexp	CSAexp	FCWexp
Vp02	FCWexp	CSAexp	BSWexp	BSWref	FCWref	CSAref
Vp03	BSWref	CSAref	FCWref	CSAexp	BSWexp	FCWexp
Vp04	CSAexp	FCWexp	BSWexp	FCWref	BSWref	CSAref
Vp05	CSAref	FCWref	BSWref	CSAexp	FCWexp	BSWexp
Vp06	CSAexp	BSWexp	FCWexp	BSWref	CSAref	FCWref
Vp07	FCWref	BSWref	CSAref	FCWexp	BSWexp	CSAexp
Vp08	BSWexp	FCWexp	CSAexp	BSWref	CSAref	FCWref
...	…	…	…	…	…	…
Vp30	FCWexp	CSAexp	BSWexp	CSAref	BSWref	FCWref

Tab. 3: Randomisierter Versuchsplan für das Simulatorexperiment

- allgemeiner Eingewöhnungsfahrt im Fahrsimulator,
- 15 Minuten Referenzfahrt (mit Fahrdatenaufzeichnung) in dem für das jeweils erste FAS spezifischen Szenario (siehe Tabelle 3),
- 15 Minuten Referenzfahrt (mit Fahrdatenaufzeichnung) in dem für das nächste FAS spezifischen Szenario (siehe Tabelle 3),
- 15 Minuten Referenzfahrt (mit Fahrdatenaufzeichnung) in dem für das dritte FAS spezifischen Szenario (siehe Tabelle 3).

Der Ablauf einer Session für die Experimentalbedingung war von seiner Struktur her sehr ähnlich und bestand aus:

- Lesen der Instruktion,
- Lesen der FAS-Beschreibungen und anschließendem Ausfüllen des Fragebogens zur Güte des mentalen Modells vor der Fahrt,
- allgemeiner Eingewöhnungsfahrt im Fahrsimulator auf verschiedenen Streckentypen (s. o.),
- Zuschalten des ersten FAS durch den Probanden und mehrmaligem Testen der Funktion (ohne Fahrdatenaufzeichnung). Anschließend: 15 Min. Experimentalfahrt (mit Fahrdatenaufzeichnung),
- Wechsel auf das zweite FAS durch den Probanden und mehrmaligem Testen der Funktion (ohne Fahrdatenaufzeichnung). Anschließend: 15 Min. Experimentalfahrt (mit Fahrdatenaufzeichnung),
- Wechsel auf das dritte FAS durch den Probanden und mehrmaliges Testen der Funktion (ohne Fahrdatenaufzeichnung). Anschließend: 15 Min. Experimentalfahrt (mit Fahrdatenaufzeichnung),
- Ausfüllen des Fragebogens zur Güte des mentalen Modells nach der Fahrt sowie eines Abschlussfragebogens zur allgemeinen Beurteilung der FAS.

In der Experimentalbedingung war immer nur eines der drei Assistenzsysteme aktiv.

5.2.1 Unabhängige Variablen

5.2.1.1 Auswirkung von einzelnen FAS auf das Fahrerverhalten

Der primäre Zweck der Simulatoruntersuchung ist, die Auswirkungen der Nutzung von Fahrerassistenz auf das Fahrerverhalten zu untersuchen. Die erste unabhängige Variable ist demzufolge „Fahren mit vs. ohne Assistenz“, die als Messwiederholung bei derselben Person realisiert wird. Die Fahrt ohne Assistenz dient als Kontrollbedingung und wird mit zeitlichem Abstand von mehreren Tagen zur Fahrt mit Assistenz durchgeführt. Die spezifische Fragestellung für diese unabhängige Variable lautet: Lassen sich in der Experimentalbedingung (im Vergleich zur Kontrollbedingung) negative Verhaltensanpassungen feststellen?

5.2.1.2 Mentales Modell eines FAS und Effekt auf das Fahrerverhalten

Neben dem Einfluss von Fahrerassistenz soll darüber hinaus auch der Einfluss verschiedener Produktdarstellungen der ausgewählten FAS auf das mentale Modell bzw. auf das sich ergebende Fahrerverhalten beurteilt werden.

Die unabhängige Variable „mentales Modell“ wurde zwischen verschiedenen Personen realisiert, da sich unterschiedliche Produktdarstellungen während eines Probandenversuchs nicht unabhängig voneinander auswirken können.

Es ergeben sich für das Experiment zwei weitere Fragestellungen:

- Wird durch verschiedene Produktdarstellungen die Güte des mentalen Modells beeinflusst?
- Wie beeinflusst die Güte des mentalen Modells ausgewählte Fahrerverhaltensindikatoren (z. B. Geschwindigkeits- oder Abstandswahl)?

Der ersten Gruppe wurde eine einfache Beschreibung aller drei FAS vorgelegt, die lediglich aus den Informationen bestand, die zur Verwendung des FAS notwendig ist (siehe Anhang B). Diese Bedingung hatte zum Ziel, möglichst wenig über das erwünschte Gebrauchsverhalten und technische Details der Funktionsweise auszusagen.

Für die zweite Gruppe umfasste die Beschreibung aller drei FAS sämtliche Informationen, die auch die erste Gruppe erhielt, sowie einen Hinweis auf die Eigenverantwortung des Fahrers für sein Fahrerverhalten. Dieser Hinweis wurde in der schriftlichen Instruktion gegeben (siehe Anhang C) und auch als visuelle Warnung (siehe Bild 4) bei jeder Aktivierung der FAS im Fahrzeug angezeigt. Diese Bedingung wurde verwendet, um zu überprüfen, ob bereits ein kurzer Hinweis auf die Eigenverantwortung einen positiven Effekt erzielt, falls sich in der ersten



Bild 4: Touchscreen nach Aktivierung der FCW in der Bedingung „mit Warnhinweis“ oder „ausführlich“

Gruppe negative Verhaltensanpassungen finden sollten.

Die Instruktion der dritten Gruppe enthielt Informationen über die korrekte Bedienung aller drei FAS, die Eigenverantwortung des Fahrers für das Fahrerverhalten (inklusive Warnhinweis im Fahrzeug) sowie detaillierte Informationen über Leistungsgrenzen und Verwendungszweck des jeweiligen FAS (siehe Anhang D). Diese Gruppe erhielt sämtliche Informationen über das jeweilige System, was in der Praxis dem Lesen der Betriebsanleitung entspricht.

Keine der drei Beschreibungen enthielt falsche oder irreführende Aussagen zur Nutzung des FAS.

5.2.1.3 Weitere moderierende Variablen

Des Weiteren wurden (vermutete) moderierende Variablen wie demografische Angaben, Ausprägung des Persönlichkeitskonstrukts „Sensation Seeking“ und Fahrstil erhoben, die weitere Kategorisierungen der Probandenstichprobe erlauben. Außerdem kann dadurch überprüft werden, ob sich die Gruppierungen nach „Produktdarstellung“ oder „Güte des mentalen Modells“ auch bezüglich der moderierenden Variablen unterscheiden.

5.2.2 Abhängige Variablen

Um (messbare) abhängige Variablen (AV) zu gewinnen, wurde das Fahrerverhalten für jedes Fahrerassistenzsystem nach (vermuteten) für Fehlgebrauch relevanten Indikatoren operationalisiert. Als Analysezeitraum wurde nach einer individuellen Eingewöhnungs- und Testphase eine Zeitdauer von 15 Minuten verwendet. Es werden für die Kontrollbedingung „Fahren ohne Assistenz“ dieselben Indikatoren wie für die Experimentalbedingung „Fahren mit Assistenz“ verwendet.

Wie bereits erwähnt, ist eine der Hypothesen des Experiments, dass die Vorstellung, wie das jeweilige FAS funktioniert und wie es eingesetzt werden sollte (mentales Modell), durch die verschieden gestalteten Systembeschreibungen beeinflusst werden kann. Es sollte weiterhin überprüft werden, ob sich dieser Einfluss auf das mentale Modell auch im Fahrerverhalten niederschlägt. Um die erste Fragestellung dieser Hypothese zu überprüfen, wurde ein kurzer Fragebogen speziell für jedes FAS entwickelt, der unterschiedlich sicherheitskritische Aussagen zu den Assistenzsystemen enthielt. Jede Aussage sollte von den Teilnehmern mit „stimmt“ bzw. „stimmt nicht“ kommentiert werden. Die Antworten erlauben sowohl eine qualitative Analyse sowie eine Aufteilung der Probandenstichprobe gemäß der Güte des mentalen Modells (sicherheitskritisch vs. nicht sicherheitskritisch).

5.2.2.1 AV für Frontal Collision Warning (FCW)

Die für das FCW verwendeten Indikatoren waren

- Güte des mentalen Modells,
- Durchschnittsgeschwindigkeit bei freier Sicht,
- Durchschnittsgeschwindigkeit im Nebel,
- durchschnittlicher Auffahrabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug,[2]
- absolutes Abstandsminimum während der Fahrt,
- Anzahl kritischer Ereignisse (leicht bis mittleres Gefahrenpotenzial) und
- Anzahl kritischer Ereignisse (erhöhtes bis sehr hohes Gefahrenpotenzial).

5.2.2.2 AV für Blind Spot Warning (BSW)

Die für das BSW-System verwendeten Indikatoren waren

- Güte des mentalen Modells,

[2] Zur Berechnung des durchschnittlichen Auffahrabstands werden nicht sämtliche gemessene Abstände während der gesamten Fahrt, sondern gezielt „lokale Minima“ der Abstandsdaten verwendet.

- Anzahl Spiegelblicke pro Spurwechsel,
- Anzahl Spurwechsel bei freier Sicht,
- Anzahl Spurwechsel im Nebel,
- Anzahl kritischer Ereignisse (leicht bis mittleres Gefahrenpotenzial) und
- Anzahl kritischer Ereignisse (erhöhtes bis sehr hohes Gefahrenpotenzial).

5.2.2.3 AV für Curve Speed Assistant (CSA)

Die für das CSA-System verwendeten Indikatoren waren

- Güte des mentalen Modells,
- Durchschnittsgeschwindigkeit bei freier Sicht,
- Durchschnittsgeschwindigkeit im Nebel,
- Anzahl kritischer Ereignisse (geringes bis mittleres Gefahrenpotenzial) und
- Anzahl kritischer Ereignisse (erhöhtes bis sehr hohes Gefahrenpotenzial).

5.2.3 Versuchpersonen

Über eine interne Versuchspersonendatenbank des Fraunhofer IAO, des Instituts für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement der Universität Stuttgart IAT und Aushänge an verschiedenen Fraunhofer Instituten in Stuttgart konnten 30 Teilnehmer gewonnen werden. Es wurden für die Auswahl die Kriterien Alter, Geschlecht sowie Vertrautheit mit Fahrsimulatoren berücksichtigt. Es wurden überwiegend männliche Teilnehmer akquiriert (23 Männer, 7 Frauen), da einerseits bei jungen Männern eine erhöhte Auftretenswahrscheinlichkeit von Missbrauch vermutet wurde, andererseits bekannt ist, dass sich vor allem Männer von der technologischen Funktionalität von Fahrerassistenzsystemen angesprochen fühlen. Das Alter der Teilnehmer lag zwischen 23 und 54 Jahre, wobei 13 Versuchpersonen jünger als 30 Jahre und 17 Versuchpersonen älter als 40 Jahre waren. Alle Versuchspersonen sollten nach Möglichkeit schon erste Erfahrungen mit dem Fahrsimulator gesammelt haben, um einerseits die Eingewöhnungszeit für die Fahrsimulation verkürzen zu können und andererseits keine unerwartet hohen Ausfallzahlen infolge von simulatorbedingter Übelkeit in Kauf nehmen zu müssen. Externe Teilnehmer bekamen für ihr Engagement eine kleine finanzielle Aufwandsentschädigung.

5.3 Fahrsimulator

Die Versuche fanden im so genannten „immersiven Fahrsimulator“ des Fraunhofer IAO statt (siehe Bild 5). In diesem Simulator sitzt der Fahrer in einem realen Fahrzeug. Der Sichtwinkel nach vorne beträgt 180 Grad und wird durch drei Rückprojektionen auf ebene Leinwände realisiert. Drei Aufprojektionen simulieren die Direktsicht nach hinten sowie die Sicht über Innen- und Außenspiegel. Fahrzeug- und Verkehrsgeräusche werden dem Fahrer über ein Surround-Sound-System räumlich dargeboten. Der Simulator verfügt über ein Bewegungssystem, das Sitz- und Chassisvibrationen erzeugt. Bewegungen des Fahrzeugs durch Bodenunebenheiten werden über Aktuatoren an den Radaufhängungen realistisch dargestellt. Für Untersuchungen an der Mensch-Maschine-Schnittstelle ist der Simulator mit einem rekonfigurierbaren Instrumentendisplay und einem Touchscreen in der Mittelkonsole ausgestattet. Ein aktives Lenkrad und Gaspedal erlauben die Simulation von haptischen Feedbacks. Über eine Datenschnittstelle ist ein bidirektionaler Austausch von Steuer- und Simulationsdaten mit externen Systemen, z. B. zur Simulation von Fahrerassistenz- und Fahrerinformationssystemen, möglich. Simulationsdaten und externe Daten können außerdem für eine spätere Auswertung aufgezeichnet und wiedergegeben werden. In zwei Datenbanken steht ein Streckennetz von ca. 300 km zur Verfügung. Dieses umfasst unterschiedliche Straßentypen wie Stadtszenarien, Landstraßen, Kraftfahrstraßen und Autobahnen. Der Fremdverkehr ist in seinem Verhalten steuerbar. Über einen Szenarieneditor lassen sich die Verkehrssituationen für den Trainings- und Experimentalbetrieb kontrollieren.

5.4 Virtuelle Prototypen

Die für die Simulatoruntersuchung ausgewählten Fahrerassistenzsysteme wurden speziell für dieses



Bild 5: Immersiver Fahrsimulator des Fraunhofer IAO und des Instituts IAT der Universität Stuttgart

Projekt im Labor des Vehicle Interaction Lab als virtuelle Prototypen realisiert. Im Folgenden werden die drei Systeme kurz vorgestellt.

5.4.1 Frontal Collision Warning System (FCW)

Das Frontal Collision Warning System erkennt fahrende Objekte, die sich im Erfassungsfeld eines virtuellen Sensors ca. 200 Meter vor dem eigenen Fahrzeug befinden. Bei Unterschreiten eines Schwellenwerts, der anhand der Größen „Time Headway“ (= 1 Sekunde) und „Time to Collision“ (= 2 Sekunden) in Echtzeit berrechnet wird, warnt das System den Fahrer, indem das Fahrzeug für kurze Zeit leicht abgebremst wird und ein Warnsignal (drei kurze Warntöne mit einer Frequenz von 1.000 Hz) die Aufmerksamkeit des Fahrers erregt. Zur Erläuterung erscheint im Tacho eine visuelle Information (siehe Bild 6 links). Nach ersten Tests mit dem implementierten FCW-System wurde zur Reduzierung von häufig auftretenden und daher als störend wahrgenommenen Warnungen der ursprüngliche Algorithmus für Folgefahrten und Überholvorgänge wie folgt modifiziert: Eine Warnung kann, solange der Sicherheitsabstand unterschritten wird, nur ein Mal ausgelöst werden. Die nächste Aktivierung wird erst dann möglich, wenn das Fahrzeug den Sicherheitsabstand zuerst überschreitet und danach wieder unterschreitet. Damit die FCW beim Überholen und gleichzeitigen Spurwechsel nach links keinen unerwünschten Bremsvorgang einleitet, wenn der Fahrer dem zu überholenden Fahrzeug zu nahe kommt, wurde der kritische Sicherheitsabstand zum Zeitpunkt des Blinkens (d. h. bei Überholabsicht) auf ein Viertel des ursprünglich berechneten Wertes verringert. Das erwähnte Kriterium „Time to Collision“ = 2 Sekunden ist verglichen mit üblicherweise empfohlenen Werten sehr knapp bemessen. Der ursprüngliche Wert von 4 bzw. 3 Sekunden wurde jedoch während der Vortests von Probanden als zu empfindlich beurteilt. Diese Modifikationen trugen insgesamt dazu bei, dass das Assistenzsystem als tatsächlich hilfreich und nicht lästig empfunden wurde.

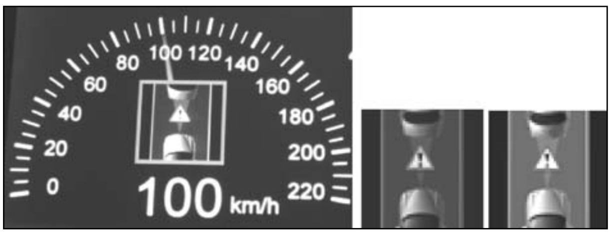


Bild 6: Visuelle Rückmeldung einer Kollisionswarnung im Kombiinstrument (links); Statusanzeige off/on der FCW im Kombiinstrument (rechts)

Das Frontal Collision Warning System kann über den Touchscreen in der Mittelkonsole (siehe Bild 4) eingeschaltet werden. Ob das System eingeschaltet ist oder nicht, kann über die quadratisch eingefassten Symbole unter der Tacho- bzw. Drehzahlanzeige (siehe Bild 6 rechts) und über die Touchscreenanzeige erkannt werden.

5.4.2 Blind Spot Warning System (BSW)

Das Blind Spot Warning System überwacht mit Hilfe von virtuellen Sensoren den so genannten toten Winkel auf beiden Seiten des Fahrzeugs: Dieser Bereich erstreckt sich auf der linken Seite bis 10 Meter ab Außenspiegel nach hinten; auf der rechten Seite reichte der Bereich bis ca. 7 Meter ab Außenspiegel nach hinten. Dieser Unterschied stellt eine Modifikation der ursprünglichen Programmierung (10 Meter Reichweite auf beiden Seiten) dar, die am Ende des Überholvorgangs beim Einscheren oftmals Warnungen ausgelöst hat, welche von Probanden in Vortests als störend empfunden wurden.

Befindet sich ein Fahrzeug auf der linken Fahrspur im toten Winkel, während der Blinker aktiviert ist, wird zunächst durch ein Warnsymbol im linken Seitenspiegel gewarnt. Das Warnsymbol ist ein rotes Dreieck, das im linken Außenspiegel eingeblendet wird (siehe Bild 7). Sollte der Fahrer trotz Warnung den Überholvorgang fortsetzen, erklingen zusätzlich drei kurze Warntöne.

Wenn der Fahrer auf die rechte Spur wechselt und ein Fahrzeug befindet sich (während er blinkt) im rechten toten Winkel, so wird ein weiteres Warnsymbol (rotes Dreieck im Innenspiegel) angezeigt (siehe Bild 7 Mitte). Auch hier wird bei einer kritischen Distanz zur Spurbegrenzung zusätzlich mit drei kurzen Warntönen gewarnt. Die Position der visuellen Warnung im Innenspiegel hat sich in vorausgegangenen Experimenten als sehr intuitiv für diesen Zweck erwiesen.

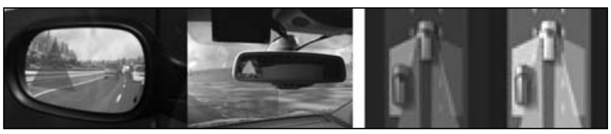


Bild 7: Visuelle Rückmeldung der BSW im linken Außenspiegel bzw. Innenspiegel (links); Statusanzeige „off/on“ im Kombiinstrument (rechts)

Das Blind Spot Warning System kann über den Touchscreen in der Mittelkonsole eingeschaltet werden. Ob der Überholassistent eingeschaltet ist oder nicht, kann über die quadratisch eingefassten Symbole unter der Tacho- bzw. Drehzahlanzeige (siehe Bild 7 rechts) und über die Touchscreenanzeige (siehe Bild 4) erkannt werden.

5.4.3 Curve Speed Assistant (CSA)

Der Curve Speed Assistant informiert den Fahrer über die empfohlene Geschwindigkeit für die nächste Kurve. Die empfohlenen Geschwindigkeiten sind abhängig von Straßentyp, Kurventyp und Wetterbedingungen. Die Richtgeschwindigkeiten wurden zuvor für das verwendete Szenario von mehreren Probanden durch Testfahrten ermittelt und fest für das Szenario eingestellt.

Der Curve Speed Assistant informiert ca. 200 Meter vor jeder Kurve (zusätzlich zu den üblichen Straßenschildern) über die empfohlene Fahrgeschwindigkeit. Es wird eine Grafik mit der entsprechenden Richtgeschwindigkeit im Tachobereich angezeigt (siehe Bild 8 links). Gleichzeitig mit dieser Information bekommt der Fahrer einen kurzen akustischen Hinweis. Beide Hinweise (visuell und akustisch) werden vor jeder registrierten Kurve dargeboten. Der Informationshinweis im Tachobereich verschwindet, sobald die Kurve durchfahren wurde.

Der Curve Speed Assistant kann über den Touchscreen in der Mittelkonsole eingeschaltet werden. Ob der Curve Speed Assistant eingeschaltet ist oder nicht, kann über die quadratisch eingefassten Symbole unter der Tacho- bzw. Drehzahlanzeige (siehe Bild 8 rechts) und über die Touchscreenanzeige (siehe Bild 4) erkannt werden.

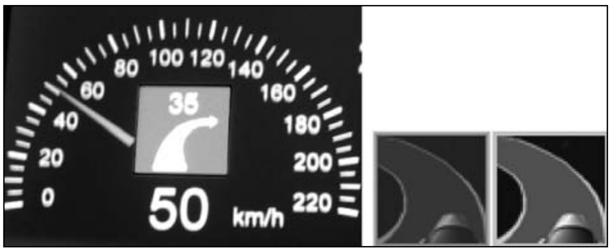


Bild 8: Visuelle Rückmeldung des CSA im Kombiinstrument (links); Statusanzeige „off/on“ im Kombiinstrument (rechts)

5.5 Szenarien

Zur Untersuchung des Fahrerverhaltens wurden für jedes FAS gezielt Szenarien ausgewählt bzw. entwickelt:

Für das FAS „Frontal Collision Warning“ kam ein Autobahnszenario mit umgebendem, autonomem Verkehr zum Einsatz. Es wurden für alle Versuchspersonen in einem Drittel der Fahrzeit (zufällig gesteuert) Nebelbedingungen (Sichtweite ca. 100 Meter) hergestellt. Außerdem wurde vom Versuchsleiter in jedem Drittel das aktuell vorausfahrende Fahrzeug ein Mal (standardisiert) abgebremst und wieder auf die Ausgangsgeschwindigkeit beschleunigt.

Für das FAS „Blind Spot Warning“ kam ebenfalls ein Autobahnszenario mit umgebendem, autonomem Verkehr zum Einsatz. Das Geschwindigkeitsprofil anderer Fahrzeuge und die Verkehrsdichte auf der rechten und linken Spur wurden so gewählt, dass die Probanden motiviert waren, rechts fahrende Fahrzeuge zu überholen, um danach wieder auf die rechte Spur zurückzufahren.

Für das FAS „Curve Speed Assistant“ kam ein Landstraßenszenario mit Kurven verschiedener Radien zum Einsatz. Der Umgebungsverkehr war weniger dicht als bei den Autobahnszenarien, aber ebenfalls autonom.

5.6 Fragebögen und verwendete schriftliche Unterlagen

Versuchsbegleitend wurden zur Erhebung subjektiver Daten unterschiedliche Fragebögen eingesetzt, wobei teilweise bereits vorhandene an die speziellen Bedürfnisse dieser Untersuchung angepasst oder weitere Fragebögen neu entwickelt wurden.

Zur Erfassung der demografischen Probandendaten wurde ein 1-seitiger Fragebogen zusammengestellt, welcher neben den Standardgrößen wie Alter, Geschlecht und Fahrpraxis auch den eingeschätzten persönlichen Fahrstil sowie die Vorerfahrungen mit Assistenzsystemen beinhaltete.

Da gezeigt wurde, dass Risikoverhalten in Zusammenhang mit dem Persönlichkeitskonstrukt „Sensation Seeking“ zusammenhängt, wurde ebenfalls ein entsprechender Fragebogen (nach ROTH, 2003) vorgelegt.

Die Güte des individuellen mentalen Modells wurde durch einen weiteren 1-seitigen Fragebogen abgefragt, der für das jeweilige FAS 10 spezifische Aussagen zu den Bereichen Einsatzzweck, Verantwortungszuweisung, Leistungsgrenzen des Systems und Erwartungen enthielt. Die Teilnehmer gaben zu jeder Aussage an, ob sie ihr zustimmen oder nicht. Der Fragebogen wurde jeweils unmittelbar vor und nach der Experimentalfahrt vorgelegt.

Der Abschlussfragebogen mit Fragen u. a. zur Akzeptanz der einzelnen FAS wurde ebenfalls eigens für diese Studie zusammengestellt und umfasste ca. 3 Seiten.

Es wurden 2 Typen von Beobachtungsbögen verwendet: einer zur Notation der kritischen Ereignisse, der andere zur Dokumentation von Blickbewegungen im Fahrzeuginnenraum. Der Beobachtungsbogen für die Aufzeichnung der kritischen Ereignisse bot acht Sortierungskategorien für Fahrereignisse an: „abgebrochene Manöver“, „Beinahe-Unfälle“, „Unfälle“, „rechts überholen“, „riskant überholen“, „drängeln“, „Jagdverhalten“, „sonstiges“. Der Beobachter wies jedem Ereignis einen von zwei Schweregraden zu, wobei für die Abstufung die Größe/das Gewicht des Gefährdungspotenzials für sich und andere Verkehrsteilnehmer maßgeblich war (geringes bis mittleres Gefährdungspotenzial, erhöhtes bis sehr hohes Gefährdungspotenzial). Auf dem Beobachtungsbogen für die Aufzeichnung des Blickverhaltens konnte die Blickrichtung differenziert erfasst werden („Außenspiegel links“, „Außenspiegel rechts“, „Innenspiegel“, „Kombiinstrumente“ sowie „restliche Blicke“). Das Auftreten eines Einzelereignisses wurde durch einen senkrechten Zählstrich im entsprechenden Feld festgehalten.

Schließlich kamen weitere versuchsbegleitende Dokumente wie eine Einverständniserklärung, eine 1-seitige Anfangsinstruktion, die FAS-Beschreibungen oder das Formular zur Vergütungsabwicklung am Versuchsende zum Einsatz.

5.7 Datenaufbereitung

Die aus der Fahrsimulation erfassten Rohdaten wurden für jede Session, für jedes FAS und für jede Versuchsperson getrennt gespeichert. Um die oben beschriebenen spezifischen Indikatoren für das interessierende Fahrerverhalten ermitteln zu können, war zunächst die Aufbereitung der Fahrdaten notwendig, was durch verschiedene Excel-Makros unterstützt wurde. Tabelle 4 zeigt die erfassten Rohdaten und die daraus abgeleiteten Indikatormaße. Aufgrund gelegentlicher Fehler bei der Aufzeichnung der Rohdaten, war es in Einzelfällen nicht möglich, alle Indikatoren für alle Versuchsteilnehmer zu berechnen. In diesen Fällen wurden mit Hilfe von SPSS die fehlenden Werte durch Mittelwertbildung über die Werte der übrigen Daten des Indikators ergänzt.

Rohdaten
• Zeitstempel • Geschwindigkeit • Spurposition/Spurnummer • Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug • Zeitpunkt der Warnung • Sichtweite • Kurvenradius (nur für CSA)
Indikatoren/AV
• Durchschnittsgeschwindigkeit bei freier Sicht • Durchschnittsgeschwindigkeit im Nebel • Anzahl Spurwechsel bei freier Sicht • Anzahl Spurwechsel im Nebel • Durchschnittlicher Auffahrabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug • Minimaler Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug • Anzahl von Spurwechseln bei freier Sicht • Anzahl von Spurwechseln im Nebel • Durchschnittsgeschwindigkeit bei freier Sicht in Kurven • Durchschnittsgeschwindigkeit im Nebel in Kurven

Tab. 4: Überblick über Rohdaten und abgeleitete Indikatoren

5.8 Ergebnisse

Sämtliche Daten wurden mit Hilfe von Microsoft Excel und dem Statistikpaket SPSS erfasst und nach bestimmten Kriterien deskriptiv und inferenzstatistisch ausgewertet. Im Folgenden werden die Ergebnisse getrennt nach den jeweiligen Fahrerassistenzsystemen dargestellt.

5.8.1 Frontal Collision Warning System

5.8.1.1 Effekt der unabhängigen Variable „Fahrerverhalten ohne/mit FCW“

Um den grundsätzlichen Einfluss der Frontal Collision Warning auf das Fahrerverhalten (bzw. die ausgewählten Indikatoren) zu analysieren, wurden über alle Teilnehmer T-Tests für abhängige Stichproben gerechnet.

Abhängige Variable	Mittelwert Referenzfahrt	Mittelwert Fahrt mit FCW	T	df	p
Geschwindigkeit bei freier Sicht (in km/h)	114,1	118,5	1,7	29	0,07
Geschwindigkeit im Nebel (in km/h)	94,5	102,8	2,7	29	,003
Durchschnittlicher Auffahrabstand (in m)	30,8	32,3	1,5	29	,158
Minimaler Abstand zu Vordermann (in m)	8,9	9,8	,78	29	,442
Anzahl kritischer Ereignisse (leicht bis mittleres Gefahrenpotenzial)	1,27	1,03	,98	29	,335
Anzahl kritischer Ereignisse (erhöhtes bis sehr hohes Gefahrenpotenzial)	0,83	0,83	0,0	29	1,0

Tab. 5: T-Tests zum Einfluss der FCW auf das Fahrerverhalten

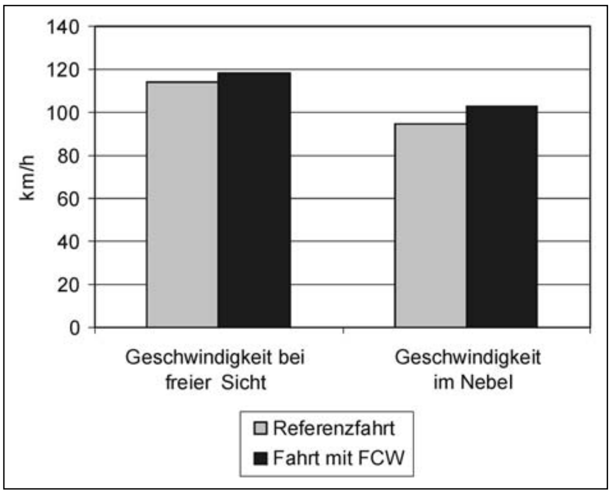


Bild 9: Einfluss von FCW auf Geschwindigkeit

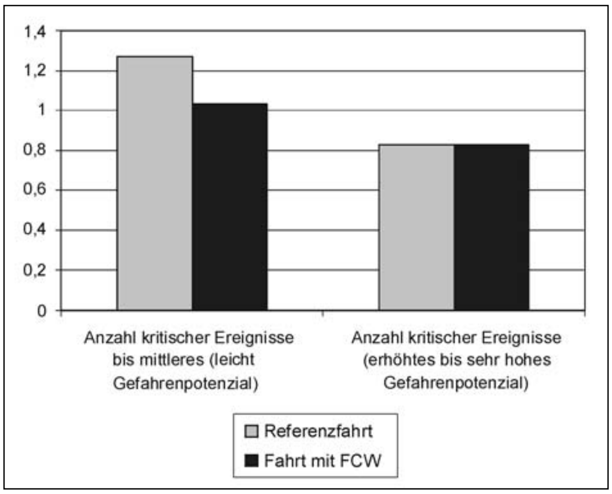


Bild 11: Einfluss von FCW auf Anzahl kritischer Ereignisse

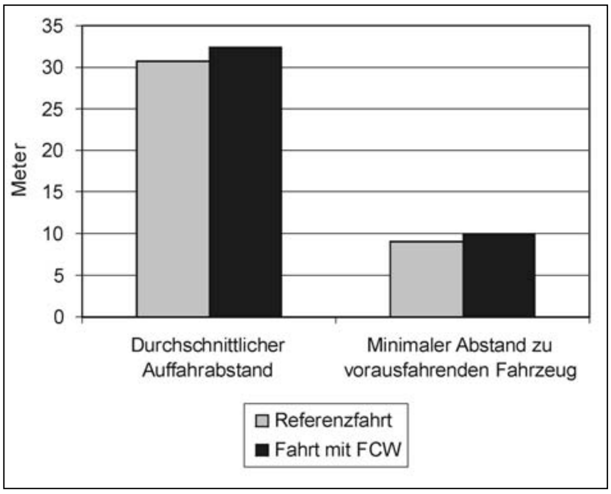


Bild 10: Einfluss von FCW auf Abstandsverhalten

Die durchschnittliche Geschwindigkeit bei freier Sicht erhöhte sich mit aktivierter FCW um 4,4 km/h (p = 0,07), bei Nebel um 8,3 km/h (p = 0,003). Die durchschnittlichen Auffahrabstände sowie die minimalen Abstände zum vorausfahrenden Fahrzeug unterschieden sich nicht statistisch signifikant (siehe Tabelle 5). Die Feinauswertung der Beobachtungsdaten bezüglich der Art der kritischen Ereignisse (abgebrochenes Manöver, Beinahe-Unfall etc.) ergibt ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen.

Die Bilder 9-11 stellen die Unterschiede der Mittelwerte für die ausgewählten Indikatoren grafisch dar.

5.8.1.2 Systemverständnis FCW

Um eine Vorstellung zu bekommen, wie die Teilnehmer des Experiments die Leistungsgrenzen und den Einsatzzweck des FCW-Systems wahrnehmen, wurden nach der schriftlichen Systembeschreibung und nach der Fahrt im Fahrsimulator jeweils 10 Aussagen vorgelegt, deren Zustimmung oder Ablehnung auf das individuelle mentale Modell schließen lassen. Die Antworten wurden nicht in „richtig“ bzw. „falsch“ eingeteilt, sondern lediglich aus sicherheitskritischer Sicht in „adäquat“ bzw. „nicht adäquat“. Dies ist sinnvoll, da die meisten Aussagen gezielt unscharf formuliert sind, um auch schon eine Tendenz zu einer nicht adäquaten Systemvorstellung zu entdecken. Die für das FCW-System konstruierten Aussagen waren:

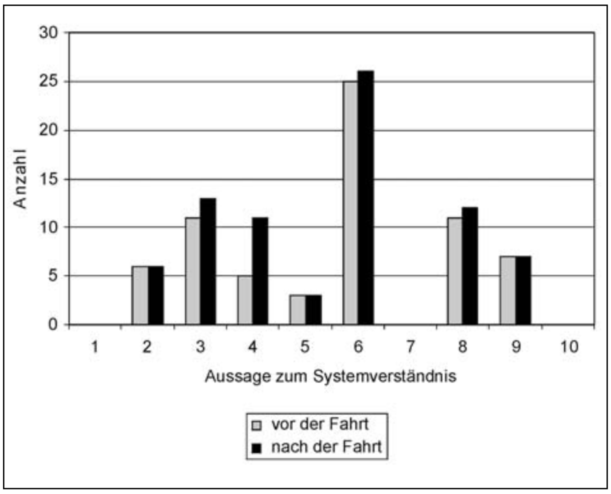


Bild 12: Nicht adäquate Aussagen zum Systemverständnis von FCW

1. FCW hilft, Auffahrunfälle zu vermeiden (adäquate Antwort: ja).
2. FCW erhöht den Komfort beim Fahren, weil ich nicht mehr so auf den vorausfahrenden Verkehr achten muss (adäquate Antwort: nein).
3. FCW ist ein Sicherheitssystem, auf das ich mich immer verlassen können muss (adäquate Antwort: nein).
4. FCW informiert mich, dass eine Bremsung notwendig ist, die ich selbst ausführen muss (adäquate Antwort: ja).
5. FCW gibt mir einen so großen Sicherheitsgewinn, dass ich mich Nebentätigkeiten im Fahrzeug besser zuwenden kann (adäquate Antwort: nein).
6. Ich erwarte, dass FCW auch bei eingeschränkten Sichtbedingungen funktioniert (adäquate Antwort: nein).
7. FCW informiert mich auch, wenn sich stehende Fahrzeuge oder Fußgänger vor mir auf der Straße befinden (adäquate Antwort: nein).
8. FCW erkennt auch Objekte in Kurven (adäquate Antwort: nein).
9. FCW bremst selbstständig ausreichend ab, wenn ein Hindernis erkannt wurde (adäquate Antwort: nein).
10. Falls FCW nicht funktioniert und ich deswegen in einen Unfall verwickelt werde, haftet auch der Hersteller für den eingetretenen Schaden (adäquate Antwort: nein).

Die Auswertung der Antworten (siehe Bild 12) zeigt, dass die Erwartungen an die Leistungsfähigkeit des Systems nach dem derzeitigen Stand der Technik sehr hoch waren (siehe Antworten auf die Aussagen 3, 6 und 8). Die teilweise nicht adäquaten Antworten auf die Aussagen 4 und 9 sind auf die konkrete Funktionsweise des Systems im Fahrsimulator zurückzuführen – dort kam als Rückmeldung an den Fahrer beim Eingriff des Systems auch ein leichter Bremsimpuls zum Einsatz. Einige wenige Probanden verstanden das System derart, dass sie durch die Entlastung von der Fahraufgabe Ressourcen für andere Dinge gewinnen (siehe Aussage 2 und 5).

5.8.1.3 Effekt des Faktors „Art der Produktdarstellung“ auf die Güte des mentalen Modells (vor und nach der Fahrt)

Zur Überprüfung des Zusammenhangs „Art der Produktdarstellung“ und „Güte des mentalen Modells“ wurden Kreuztabellen erstellt und X^2-Anpassungstests gerechnet. Als sicherheitskritisches mentales Modell wurde gewertet, sobald eine Aussage der Teilnehmer als sicherheitskritisch beurteilt wurde (sicherheitskritische Aussagen waren auf dem Fragebogen die Aussagen 2, 5 und 9). Sowohl für das mentale Modell vor der Fahrt als auch für das mentale Modell nach der Fahrt bewirkte der Faktor „Produktbeschreibung“ laut X^2-Anpassungstests keine statistisch signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 6 und Tabelle 7).

5.8.1.4 Einfluss der „Art der Produktdarstellung“ auf das Fahrerverhalten

Zur Überprüfung des Zusammenhangs „Art der Produktdarstellung“ und „Einfluss auf das Fahrerverhalten“ wurde für jede abhängige Variable eine Varianzanalyse mit dem Innersubjektfaktor „Fahren ohne vs. mit FCW“ sowie dem Zwischensubjektfaktor „Art der Produktdarstellung“ gerechnet. Neben dem bereits gezeigten Geschwindigkeitszuwachs bei der Fahrt mit FCW ergeben sich auch signifikante Effekte für den Faktor „Art der Produktdarstellung“ bezüglich Geschwindigkeitswahl und durchschnittlichem Auffahrabstand (siehe Tabelle 8).

Zu jedem der zwei signifikanten Ergebnisse des dreistufigen Zwischensubjektfaktors „Produktdarstellung“ wurden Post-hoc-Tests gerechnet: Der Einfluss der Produktdarstellung auf die Geschwindigkeitswahl bei freier Sicht ist auf die niedrigere

Durchschnittsgeschwindigkeit der Gruppe mit minimaler Instruktion zurückzuführen. Bezüglich der Gruppen „Instruktion mit Warnhinweis“ und „Ausführliche Instruktion“ wurde kein signifikanter Unterschied gefunden.

Der Einfluss der Produktdarstellung auf den durchschnittlichen Auffahrabstand ist auf die signifikant höheren Werte der Gruppe „mit Hinweis“ zurückzuführen. Bezüglich der Gruppen „minimale Instruktion“ und „Ausführliche Instruktion“ wurden keine statistisch signifikanten Unterschiede gefunden. Eine Interaktion zwischen den beiden Haupteffekten besteht grundsätzlich nicht.

FCW		Mentales Modell vor der Fahrt		
		Nicht sicherheitskritisch	Sicherheitskritisch	Gesamt
Produktbeschreibung	Minimal	6	4	10
	Mit Hinweis	5	5	10
	Ausführlich	3	7	10
Gesamt		14	16	30
Chi-Quadrat nach PEARSON 1,875; Asymptotische Signifikanz (2-seitig): p = 0,392				

Tab. 6: Kreuztabelle zu „Art der Produktbeschreibung“ und „Güte des mentalen Modells vor der Fahrt“ – FCW

FCW		Mentales Modell nach der Fahrt		
		Nicht sicherheitskritisch	Sicherheitskritisch	Gesamt
Produktbeschreibung	Minimal	7	3	10
	Mit Hinweis	7	5	10
	Ausführlich	5	5	10
Gesamt		17	13	30
Chi-Quadrat nach PEARSON 1,086; Asymptotische Signifikanz (2-seitig): p = 0,581				

Tab. 7: Kreuztabelle zu „Art der Produktbeschreibung“ und „Güte des mentalen Modells nach der Fahrt“ – FCW

Abhängige Variable	Fahren ohne vs. mit FCW (Innersubjektfaktor)	Produktdarstellung (Zwischensubjektfaktor)	Interaktion
Geschwindigkeit bei freier Sicht (in km/h)	0,078	0,028	0,794
Geschwindigkeit im Nebel (in km/h)	0,005	0,076	0,949
Durchschnittlicher Auffahrabstand (in m)	0,17	0,041	0,838
Minimaler Abstand zu Vordermann (in m)	0,44	0,546	0,406
Anzahl kritischer Ereignisse (leicht bis mittleres Gefahrenpotenzial)	0,343	0,888	0,561
Anzahl kritischer Ereignisse (erhöhtes bis sehr hohes Gefahrenpotenzial)	1,000	0,978	0,928

Tab. 8: Signifikanzniveaus (p-Werte) aus ANOVA für Messwiederholung mit Zwischensubjektfaktor „Art der Produktdarstellung“ – FCW

5.8.1.5 Der Einfluss von „Sensation Seeking“ auf das Fahrerverhalten

Neben der Einflussstärke „Art der Produktdarstellung“ wird zum Vergleich der aus der Literatur bekannte Einfluss „Sensation Seeking“ in der gleichen Weise untersucht. Gemäß der Punktzahl der SS-Fragebögen wurden anhand des Medianwerts der Stichprobe zwei Gruppen gebildet. Es zeigt sich, dass in diesem Fall der Zwischensubjektfaktor „Sensation Seeking“ bei den Indikatoren zur Geschwindigkeitswahl hochsignifikant ist (siehe Tabelle 9). „High Sensation Seekers“ wählen in beiden Fällen eine höhere Geschwindigkeit als „Low Sensation Seekers“.

Ein ähnlicher Zusammenhang kann auch für die Anzahl kritischer Ereignisse (mit erhöhtem oder sehr hohem Gefahrenpotenzial) angenommen werden – wenn auch nicht mehr statistisch signifikant (p = 0.088). Der über die gesamte Fahrt gemessene durchschnittliche Auffahrabstand zum vorausfahrenden Fahrzeug zeigt – ebenfalls statistisch nicht signifikant (p = 0.083) – in die umgekehrte Richtung: „High Sensation Seekers“ hielten im Durchschnitt sogar einen etwas größeren Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug.

Abhängige Variable	Fahren ohne vs. mit FCW (Innersubjektfaktor)	Sensation, Seeking (Zwischensubjektfaktor)	Interaktion
Geschwindigkeit bei freier Sicht (in km/h)	0,191	0,02	0,880
Geschwindigkeit im Nebel (in km/h)	0,015	0,000	0,788
Durchschnittlicher Auffahrabstand (in m)	0,145	0,083	0,453
Minimaler Abstand zu Vordermann (in m)	0,429	0,467	0,215
Anzahl kritischer Ereignisse (leicht bis mittleres Gefahrenpotenzial)	0,228	0,466	0,725
Anzahl kritischer Ereignisse (erhöhtes bis sehr hohes Gefahrenpotenzial)	0,654	0,088	0,230

Tab. 9: Signifikanzniveaus (p-Werte) aus ANOVA für Messwiederholung mit Zwischensubjektfaktor „Sensation Seeking“ – FCW

5.8.2 Blind Spot Warning System

5.8.2.1 Effekt der unabhängigen Variable „Fahrerverhalten ohne/mit BSW“

Um den Einfluss von BSW auf das Fahrerverhalten (bzw. die ausgewählten Indikatoren) zu analysieren, wurden über alle Teilnehmer T-Tests für abhängige Stichproben gerechnet. Die Zahl der Spurwechsel bei freier Sicht stieg während des gesamten Analysezeitraums um ca. 6 auf durchschnittlich 22,3. Die Anzahl der Spurwechsel im Nebel, die an der Anzahl der Spurwechsel relativierte Anzahl der Spiegelblicke sowie die Anzahl kritischer Ereignisse verändern sich zwischen den beiden Versuchsbedingungen nicht signifikant (siehe Tabelle 10 sowie Bilder 13 und 14). Die Feinauswertung der Beobachtungsdaten bezüglich Art der kritischen Ereignisse (abgebrochenes Manöver, Beinahe-Unfall, etc.) ergibt ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen.

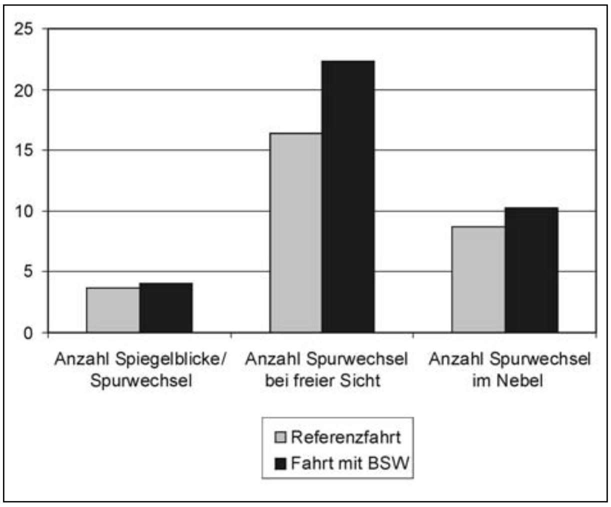


Bild 13: Einfluss von BSW auf Spiegelblicke und Spurwechsel

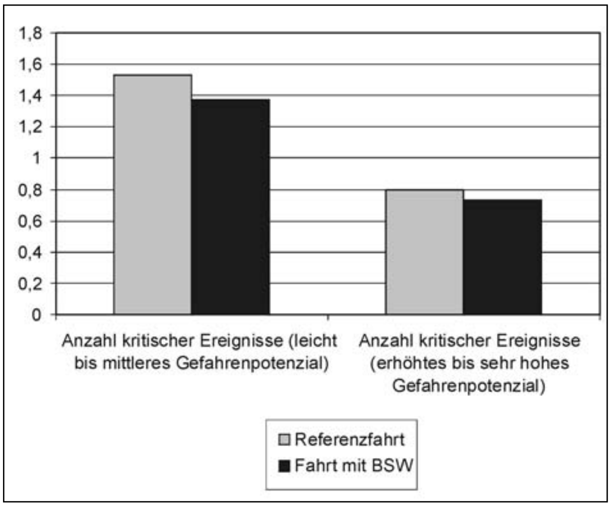


Bild 14: Einfluss von BSW auf Anzahl kritischer Ereignisse

5.8.2.2 Systemverständnis BSW

Um die individuell wahrgenommenen Leistungsgrenzen und den Einsatzzweck des BSW-Systems zu verstehen, wurden nach der schriftlichen Systembeschreibung und nach der Fahrt im Fahrsimulator jeweils 10 Aussagen vorgelegt, deren Zustimmung oder Ablehnung auf das individuelle mentale Modell schließen lassen sollten. Die Antworten werden aus sicherheitskritischer Sicht in „adäquat“ bzw. „nicht adäquat“ eingeteilt. Die für das BSW System konstruierten Aussagen waren:

1. BSW hilft, seitliche Kollisionen beim Spurwechsel zu verhindern (adäquate Antwort: ja.)
2. BSW erhöht den Komfort beim Überholen, da ich nicht mehr den lästigen Schulterblick ausführen muss (adäquate Antwort: nein).
3. BSW ist ein Sicherheitssystem, auf das ich mich immer verlassen können muss (adäquate Antwort: nein).
4. BSW gibt mir einen so großen Sicherheitsgewinn, dass ich mich Nebentätigkeiten im Fahrzeug besser zuwenden kann (adäquate Antwort: nein).
5. BSW warnt mich beim Blinken rechtzeitig, wenn sich ein Fahrzeug im toten Winkel befindet (adäquate Antwort: ja).

Abhängige Variable	Mittelwert Referenzfahrt	Mittelwert Fahrt mit BSW	T	df	p
Anzahl Spurwechsel bei freier Sicht	16,4	22,3	3,02	29	0,005
Anzahl Spurwechsel im Nebel	8,7	10,3	1,342	29	0,190
Anzahl Spiegelblicke/Spurwechsel	3,68	4,07	-1,08	29	0,288
Anzahl kritischer Ereignisse (leicht bis mittleres Gefahrenpotenzial)	1,53	1,73	0,587	29	0,562
Anzahl kritischer Ereignisse (erhöhtes bis sehr hohes Gefahrenpotenzial)	0,8	0,73	0,258	29	0,798

Tab. 10: T-Tests zum Einfluss der BSW auf das Fahrerverhalten

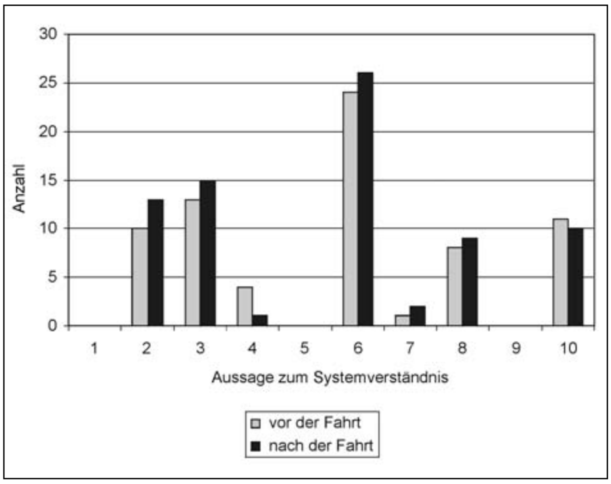


Bild 15: Nicht adäquate Aussagen zum Systemverständnis von BSW

6. Ich erwarte, dass BSW auch bei eingeschränkten Sichtbedingungen (Nebel, Dämmerung, Nacht) funktioniert (adäquate Antwort: nein).
7. BSW erkennt zwar Fahrzeuge im toten Winkel – greift aber in kritischen Situationen nicht in die Fahrzeugführung ein (adäquate Antwort: ja).
8. BSW erkennt auch statische Objekte im „toten Winkel“ (adäquate Antwort: nein).
9. Falls BSW nicht funktioniert und ich deswegen in einen Unfall verwickelt werde, haftet auch der Hersteller für den eingetretenen Schaden (adäquate Antwort: nein).
10. BSW warnt mich beim Überholen vor schnellen herannahenden Fahrzeugen auf der linken Spur (adäquate Antwort: nein).

Die Auswertung der Antworten (siehe Bild 15) zeigt, dass die Leistungsfähigkeit von BSW von mindestens einem Drittel der Probanden, gemessen am derzeitigen Stand der Technik, überschätzt wird (siehe Antworten auf Aussagen 3, 6, 8, 10). Ebenfalls ein Drittel der Befragten nimmt das System als Erleichterung wahr, um den Schulterblick beim Spurwechsel weglassen zu können.

5.8.2.3 Effekt des Faktors „Art der Produktdarstellung“

Zur Überprüfung des Zusammenhangs „Art der Produktdarstellung“ und „Güte des mentalen Modells“ wurden Kreuztabellen erstellt und X^2-Anpassungstests gerechnet. Als sicherheitskritisches mentales Modell wurde gewertet, sobald eine Aussage als sicherheitskritisch beurteilt wurde (sicher-

BSW		Mentales Modell vor der Fahrt		
		Nicht sicherheitskritisch	Sicherheitskritisch	Gesamt
Produktbeschreibung	Minimal	4	6	10
	Mit Hinweis	3	7	10
	Ausführlich	5	5	10
Gesamt		12	18	30
Chi-Quadrat nach PEARSON 0,833; Asymptotische Signifikanz (2-seitig): p = 0,659				

Tab. 11: Kreuztabelle zu „Art der Produktbeschreibung“ und „Güte des mentalen Modells vor der Fahrt“ – BSW

BSW		Mentales Modell nach der Fahrt		
		Nicht sicherheitskritisch	Sicherheitskritisch	Gesamt
Produktbeschreibung	Minimal	4	6	10
	Mit Hinweis	4	6	10
	Ausführlich	8	2	10
Gesamt		16	14	30
Chi-Quadrat nach PEARSON 4,286; Asymptotische Signifikanz (2-seitig): p = 0,117				

Tab. 12: Kreuztabelle zu „Art der Produktbeschreibung“ und „Güte des mentalen Modells nach der Fahrt“ – BSW

heitskritische Aussagen waren auf dem Fragebogen die Aussagen 4, 7, 8 und 10). Sowohl für das mentale Modell vor der Fahrt als auch für das mentale Modell nach der Fahrt bewirkte der Faktor „Produktbeschreibung“ laut X^2-Anpassungstests keine statistisch signifikanten Unterschiede (siehe Tabelle 11 und Tabelle 12).

5.8.2.4 „Art der Produktdarstellung“ und Einfluss auf Fahrerverhalten

Zur Überprüfung des Zusammenhangs „Art der Produktdarstellung“ und „Einfluss auf das Fahrerverhalten“ wurde für jede abhängige Variable eine Varianzanalyse mit dem Innersubjektfaktor „Fahren ohne vs. mit BSW“ sowie dem Zwischensubjektfaktor „Art der Produktdarstellung“ gerechnet. Neben dem bereits gezeigten Zuwachs bei der Anzahl der Spurwechsel bei freier Sicht unter Nutzung des BSW-Systems ergaben sich keine weiteren signifikanten Effekte für den Zwischensubjektfaktor „Art der Produktdarstellung“ oder für die Interaktion zwischen dem Faktor „Fahren ohne vs. mit BSW“ und „Art der Produktdarstellung“ (siehe Tabelle 13).

Abhängige Variable	Fahren ohne vs. mit BSW (Innersubjekt-faktor)	Produktdarstellung (Zwischensubjekt-faktor)	Interaktion
Anzahl Spurwechsel bei freier Sicht	0,007	0,439	0,888
Anzahl Spurwechsel im Nebel	0,190	0,824	0,365
Anzahl Spiegel-blicke/Spurwechsel	0,297	0,279	0,630
Anzahl kritischer Er-eignisse (leicht bis mittleres Gefahrenpo-tenzial)	0,574	0,423	0,846
Anzahl kritischer Er-eignisse (erhöhtes bis sehr hohes Ge-fahrenpotenzial)	0,803	0,981	0,742

Tab. 13: Signifikanzniveaus (p-Werte) aus ANOVA für Messwiederholung mit Zwischensubjektfaktor „Art der Produktdarstellung“ – BSW

Abhängige Variable	Fahren ohne vs. mit BSW (Innersubjekt-faktor)	Sensation Seeking (Zwischensubjekt-faktor)	Interaktion
Anzahl Spurwechsel bei freier Sicht	0,01	0,389	0,067
Anzahl Spurwechsel im Nebel	0,276	0,03	0,191
Anzahl Spiegel-blicke/Spurwechsel	0,77	0,059	0,735
Anzahl kritischer Er-eignisse (leicht bis mittleres Gefahrenpo-tenzial)	0,736	0,250	0,398
Anzahl kritischer Er-eignisse (erhöhtes bis sehr hohes Ge-fahrenpotenzial)	0,744	0,824	0,261

Tab. 14: Signifikanzniveaus (p-Werte) aus ANOVA für Messwiederholung mit Zwischensubjektfaktor „Sensation Seeking“ – BSW

5.8.2.5 Der Einfluss von „Sensation Seeking“ auf das Fahrerverhalten

Neben der Einflussstärke „Art der Produktdarstellung“ wurde zum Vergleich der aus der Literatur bekannte Einfluss „Sensation Seeking“ (SS) in der gleichen Weise untersucht. Es wurden anhand der gemessenen Ausprägung von SS über den Median zwei Gruppen (hoch, niedrig) gebildet. Es zeigte sich (siehe Tabelle 14), dass in diesem Fall der Zwischensubjektfaktor „Sensation Seeking“ mehr Einfluss hat als der Zwischensubjektfaktor „Art der Produktdarstellung“: Fahrer mit höheren Werten auf der Sensation-Seeking-Skala überholten insgesamt in der Referenzfahrt deutlich mehr als die Fahrer mit niedrigen SS-Werten. Letztere zeigen jedoch bei der Fahrt mit BSW einen deutlicheren Anstieg der Spurwechsel (die Anzahl der Spurwechsel bei Fahrern mit hohen SS-Werten steigt nur mäßig). Die Anzahl der Spiegelblicke pro Spurwechsel liegt bei den Fahrern mit hohen SS-Werten höher ($p = 0.059$) als in der anderen Gruppe, die Nutzung von BSW macht hier keinen Unterschied.

5.8.3 Curve Speed Assistant

5.8.3.1 Effekt der unabhängigen Variable (Fahrerverhalten ohne/mit CSA)

Um den grundsätzlichen Einfluss des Curve-Speed-Assistant-Systems auf das Fahrerverhalten (bzw. dir ausgewählten Indikatoren) zu analysieren wurden über alle Teilnehmer T-Tests für abhängige Stichproben gerechnet (siehe Tabelle 15). Die Ergebnisse zeigen im Durchschnitt einen leichten Rückgang der gefahrenen Geschwindigkeiten sowie der Anzahl kritischer Ereignisse (siehe Bild 16 und Bild 17). Die Unterschiede sind jedoch statistisch nicht signifikant. Die Feinauswertung der Beobachtungsdaten bezüglich der Art der kritischen Ereignisse (abgebrochenes Manöver, Beinahe-Unfall etc.) ergibt ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen.

Abhängige Variable	Mittelwert Referenzfahrt	Mittelwert Fahrt mit CSA	T	df	p
Geschwindigkeit bei freier Sicht in (km/h)	73,1	71,3	1,16	29	0,257
Geschwindigkeit im Nebel in (km/h)	64,2	62,4	0,77	29	0,202
Anzahl kritischer Ereignisse (leicht bis mittleres Gefahrenpotenzial)	1,33	1,13	0,701	29	0,459
Anzahl kritischer Ereignisse (erhöhtes bis sehr hohes Gefahrenpotenzial)	0,8	0,73	0,223	29	0,825

Tab. 15: T-Tests zum Einfluss der CSA auf das Fahrerverhalten

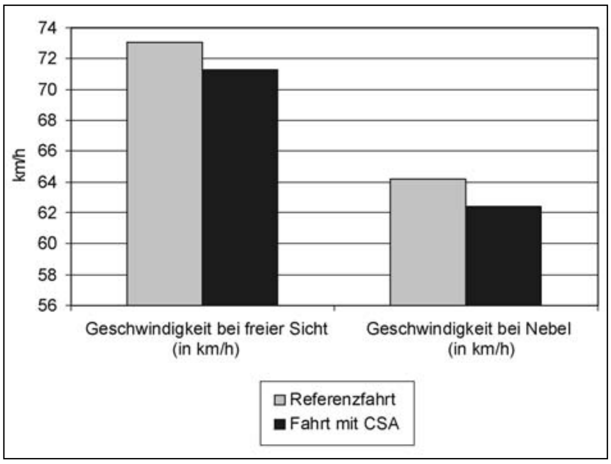


Bild 16: Einfluss von CSA auf Geschwindigkeit

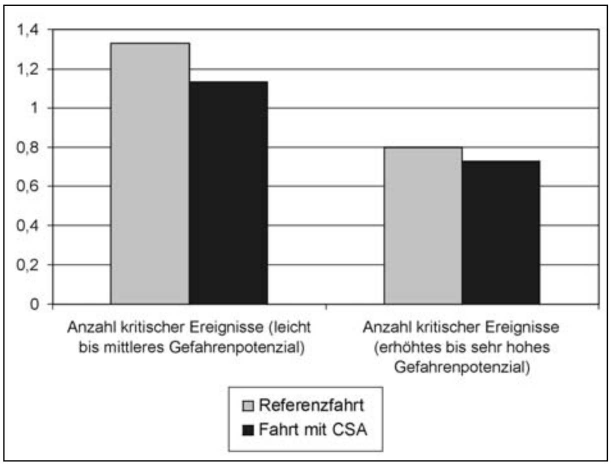


Bild 17: Einfluss von CSA auf Anzahl kritischer Ereignisse

5.8.3.2 Systemverständnis CSA

Um die individuell wahrgenommenen Leistungsgrenzen und den Einsatzzweck des CSA-Systems zu erheben, wurden nach der schriftlichen Systembeschreibung und nach der Fahrt im Fahrsimulator jeweils 8 Aussagen vorgelegt, deren Zustimmung oder Ablehnung auf das individuelle mentale Modell schließen lassen. Die Antworten werden aus sicherheitskritischer Sicht in „adäquat" bzw. „nicht adäquat" eingestuft. Die für das CSA-System konstruierten Aussagen sind:

1. Der Curve Speed Assistant erhöht den Komfort, da ich mit dem System auch auf unbekannten Strecken so fahren kann wie auf mir bekannten (adäquate Antwort: nein).
2. Der Curve Speed Assistant ist ein Sicherheitssystem, auf das ich mich immer verlassen können muss (adäquate Antwort: nein).
3. Der Curve Speed Assistant gibt mir einen so großen Sicherheitsgewinn, dass ich mich Nebentätigkeiten im Fahrzeug besser zuwenden kann (adäquate Antwort: nein).

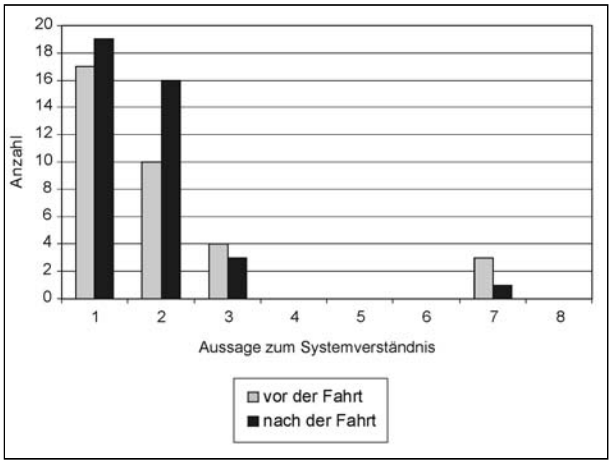


Bild 18: Nicht adäquate Aussagen zum Systemverständnis von CSA

4. Ich erwarte, dass mir der Curve Speed Assistant auch unter verschiedenen Sichtbedingungen (Tag, Dämmerung, Nacht, Nebel) die richtige Geschwindigkeit anzeigt (adäquate Antwort: nein).
5. Ich erwarte, dass mir der Curve Speed Assistant auch unter verschiedenen Straßenbedingungen (Nässe, Glätte, Split usw.) die richtige Geschwindigkeit anzeigt (adäquate Antwort: nein).
6. Der Curve Speed Assistant gibt mir eine Geschwindigkeitsempfehlung, die ich einhalten sollte (adäquate Antwort: nein).
7. Der Curve Speed Assistant informiert den Fahrer zwar bei nicht angepassten Geschwindigkeiten für die nächste Kurve – er greift aber in kritischen Situationen nicht in die Fahrzeugführung ein (adäquate Antwort: ja).
8. Falls der Curve Speed Assistant nicht funktioniert und ich deswegen in einen Unfall verwickelt werde, haftet auch der Hersteller für den eingetretenen Schaden (adäquate Antwort: nein).

Die Auswertung der Antworten (s. Bild 18) ergibt, dass auch hier die Erwartungen an die Zuverlässigkeit des Systems relativ hoch sind (s. Aussage 2). Ca. die Hälfte aller Befragten nimmt CSA als ein System wahr, um auf unbekannten Strecken so fahren zu können wie auf bekannten (s. Aussage 1).

5.8.3.3 Effekt des Faktors „Art der Produktdarstellung"

Zur Überprüfung des Zusammenhangs „Art der Produktdarstellung" und „Güte des mentalen Mo-

CSA		Mentales Modell vor der Fahrt		
		Nicht sicherheitskritisch	Sicherheitskritisch	Gesamt
Produktbeschreibung	Minimal	8	2	10
	Mit Hinweis	8	2	10
	Ausführlich	8	2	10
Gesamt		24	6	30
Chi-Quadrat nach PEARSON 0,0; Asymptotische Signifikanz (2-seitig): p = 1,0				

Tab. 16: Kreuztabelle zu „Art der Produktbeschreibung“ und „Güte des mentalen Modells vor der Fahrt“ – CSA

CSA		Mentales Modell nach der Fahrt		
		Nicht sicherheitskritisch	Sicherheitskritisch	Gesamt
Produktbeschreibung	Minimal	10	0	10
	Mit Hinweis	8	2	10
	Ausführlich	8	2	10
Gesamt		26	4	30
Chi-Quadrat nach PEARSON 2,31; Asymptotische Signifikanz (2-seitig): p = 0,315				

Tab. 17: Kreuztabelle zu „Art der Produktbeschreibung“ und „Güte des mentalen Modells nach der Fahrt“ – CSA

dells“ wurden Kreuztabellen erstellt und X^2-Anpassungstests gerechnet. Als sicherheitskritisches mentales Modell wurde gewertet, wenn auf die Aussagen 3 oder 7 nicht adäquate Antworten verzeichnet wurden. Sowohl für das mentale Modell vor der Fahrt als auch für das mentale Modell nach der Fahrt bewirkte der Faktor „Produktbeschreibung“ laut X^2-Anpassungstests keine statistisch signifikanten Unterschiede (s. Tabelle 16 und Tabelle 17).

5.8.3.4 „Art der Produktdarstellung“ und Einfluss auf Fahrerverhalten

Zur Überprüfung des Zusammenhangs „Art der Produktdarstellung“ und „Einfluss auf das Fahrerverhalten“ wurde für jede abhängige Variable eine Varianzanalyse mit dem Innersubjektfaktor „Fahren ohne vs. mit CSA“ sowie dem Zwischensubjektfaktor „Art der Produktdarstellung“ gerechnet. Es konnte für keinen Faktor ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (s. Tabelle 18). Eine Interaktion zwischen den beiden Haupteffekten besteht nicht.

5.8.3.5 Der Einfluss von „Sensation Seeking“ auf das Fahrerverhalten

Neben der Einflussgröße „Art der Produktdarstellung“ wird zum Vergleich der aus der Literatur bekannte Einfluss „Sensation Seeking“ (SS) in der

Abhängige Variable	Signifikanzniveau Fahren ohne vs. mit CSA (Innersubjektfaktor)	Signifikanzniveau Produktdarstellung (Zwischensubjektfaktor)	Interaktion
Geschwindigkeit freie Sicht	0,264	0,708	0,558
Geschwindigkeit im Nebel	0,207	0,745	0,476
Anzahl kritischer Ereignisse (leicht bis mittleres Gefahrenpotenzial)	0,497	0,862	0,628
Anzahl kritischer Ereignisse (erhöhtes bis sehr hohes Gefahrenpotenzial)	0,892	0,825	0,721

Tab. 18: Signifikanzniveaus (p-Werte) aus ANOVA für Messwiederholung mit Zwischensubjektfaktor „Art der Produktdarstellung“ – CSA

Abhängige Variable	Fahren ohne vs. mit CSA (Innersubjektfaktor)	Sensation Seeking (Zwischensubjektfaktor)	Interaktion
Geschwindigkeit freie Sicht	0,328	0,038	0,972
Geschwindigkeit im Nebel	0,146	0,007	0,702
Anzahl kritischer Ereignisse (leicht bis mittleres Gefahrenpotenzial)	0,170	0,791	0,855
Anzahl kritischer Ereignisse (erhöhtes bis sehr hohes Gefahrenpotenzial)	0,463	0,177	0,138

Tab. 19: Signifikanzniveaus aus ANOVA für Messwiederholung mit Zwischensubjektfaktor „Sensation Seeking“ – CSA

gleichen Weise untersucht. Es wurden anhand der gemessenen Ausprägung von SS über den Median zwei Gruppen (hoch, niedrig) gebildet. Es zeigt sich, dass in diesem Fall der Zwischensubjektfaktor „Sensation Seeking“ mehr Einfluss hat als der Zwischensubjektfaktor „Art der Produktdarstellung“: Fahrer mit höheren Werten auf der Sensation-Seeking-Skala wählten grundsätzlich eine höhere Geschwindigkeit als Fahrer mit niedrigen SS-Werten. Bezüglich der Anzahl beobachteter kritischer Ereignisse während der Fahrt konnte kein Unterschied festgestellt werden (siehe Tabelle 19).

5.9 Diskussion

5.9.1 Frontal Collision Warning System

Die zugrunde liegende Hypothese bei der Auswahl der Indikatoren für das Fahrerverhalten mit FCW

war, dass sich dieses bei Nutzung der Assistenz in Richtung eines risikoreicheren Verhaltens verändert. Dies hat sich teilweise bestätigt: Die gefahrene Geschwindigkeit stieg bei Nebel signifikant an. Bei den anderen Indikatoren – Abstandsverhalten zu vorausfahrenden Fahrzeugen und Anzahl beobachteter kritischer Ereignisse – fand sich kein Hinweis auf zusätzliche unerwünschte Nebeneffekte der Assistenz. Auf die Frage, ob bzw. wie sie ihr Fahrerverhalten mit Verwendung der Assistenz selbst geändert hätten, antwortete niemand in Richtung einer riskanteren Fahrweise. Die (im Durchschnitt) höheren gefahrenen Geschwindigkeiten (vor allem im Nebel) waren also den Versuchspersonen nicht bewusst. 14 von 30 Teilnehmern gaben in der Abschlussbefragung jedoch an, dass sie sich negative Auswirkungen auf die Fahrsicherheit durch überhöhtes Systemvertrauen vorstellen können.

Bei der Untersuchung des Einflusses verschiedener Produktbeschreibungen ergab sich kein signifikanter Unterschied in den mentalen Modellen. Für die Bedingungen des durchgeführten Experiments bedeutet dies, dass falsche (oder verzerrte) Vorstellungen des Einsatzzweckes und der Funktionsweise nur bedingt über Warnhinweise und detaillierte Informationen beeinflusst werden konnten. Aufgrund der relativen geringen Stichprobengröße (n = 10 pro Bedingung) ist allerdings für eine Verallgemeinerung Vorsicht geboten.

Effekte des Faktors „Art der Produktdarstellung“ ließen sich bei der gewählten Geschwindigkeit (bei freier Sicht) und beim durchschnittlichen Auffahrabstand nachweisen. Dies lässt sich jedoch im ersten Fall damit erklären, dass die Gruppe „mit minimaler Instruktion“ insgesamt eher vorsichtig fuhr. Die Gruppe „mit Warnhinweis“ zeigte einen insgesamt eher risikoreicheren Fahrstil (höhere Geschwindigkeiten, kürzere Minimalabstände), aber auch größere durchschnittliche Abstände. Da sich dieser Unterschied inhaltlich nicht mit der Zuteilung zu den Gruppen erklären lässt, kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund der geringen Stichprobengröße zufällige Konzentrationen unterschiedlicher Fahrstile in den Gruppen (Konfundierung) auftraten. In der Gruppe „mit Warnhinweis“ waren zum Beispiel die einzigen Fahrer, die ihren Fahrstil mit „sportlich“ eingestuft hatten. In der Gruppe „minimale Instruktion“ waren andererseits mehr Frauen als in den beiden anderen Gruppen vertreten. Auch dieser Unterschied könnte zu einem unterschiedlichen Fahrerverhalten beigetragen und so einen signifikanten Effekt verursacht haben. Der Vergleich des Zwischensubjektfaktors „Sensation Seeking“ zeigt in den Signifikanzwerten Ähnlichkeiten mit den Werten des Zwischensubjektfaktors „Art der Produktdarstellung“. Dies weist auch darauf hin, dass die gefundenen Effekte für „Art der Produktdarstellung“ mit unterschiedlichen Werten auf der Sensation-Seeking-Skala zusammenhängen.

Die Auswertung der subjektiven Aussagen zum Systemverständnis zeigt, dass hohe Erwartungen an die Leistungsfähigkeit eines FCW-Systems bestehen, die vom derzeitigen technischen Entwicklungsstand noch nicht erfüllt werden können. Einige wenige Fahrer nahmen das System außerdem als Hilfe wahr, um vermehrt Nebentätigkeiten im Fahrzeug ausführen zu können.

5.9.2 Blind Spot Warning System

Der Zweck einer elektronischen Überwachung des toten Winkels ist, den Fahrer bei Gefahren zusätzlich zu warnen, ohne dabei die Eigenverantwortung des Fahrers für einen Spurwechsel zu beeinflussen. Genauso wenig soll durch die Assistenz risikoreicheres Fahrerverhalten provoziert werden. Ob diese unerwünschten Effekte im Experiment auftraten, sollte durch die Verwendung der Indikatoren Anzahl der Spurwechsel, Spiegelblicke pro Spurwechsel und kritische Ereignisse überprüft werden. Es zeigte sich ein signifikanter Anstieg der Anzahl von Spurwechseln bei freier Sicht. Die Anzahl von Spurwechseln bei Nebel, die Anzahl von Spiegelblicken pro Spurwechsel sowie die Anzahl kritischer Ereignisse unterschieden sich nicht signifikant. Dies zeigt für das durchgeführte Experiment die häufige Nutzung des BSW lediglich während günstiger Verkehrsbedingungen und könnte auch als ein Austesten des Systems interpretiert werden. In weniger günstigen Bedingungen (Nebel) ist der Unterschied nicht mehr signifikant. Alternativ könnte dieser Rückgang auch mit einer allgemeinen Reduzierung der Geschwindigkeit bei Nebel und dem bevorzugten Verbleiben auf der rechten Spur erklärt werden.

Die Auswertung der mentalen Modelle zum BSW-System verdeutlicht, dass (für derzeitige Systeme) zu hohe Erwartungen an die Leistungsgrenzen bestehen. Das berichtete Unterlassen des Schulterblicks vor einem Spurwechsel wäre bei den derzeitigen Leistungsgrenzen von BSW als Fehlgebrauch zu werten.

Der Einfluss der Systembeschreibungen auf das mentale Modell eines Fahrers zeigte sich nur schwach, nicht signifikant ausgeprägt.

Ebenso zeigt die 2-faktorielle Varianzanalyse, dass ein durch die Systembeschreibung hervorgerufener differenzierender Einfluss auf das Fahrerverhalten in statistisch signifikanter Weise nicht vorliegt. Der als Kontrolle verwendete alternative Zwischensubjektfaktor „Sensation Seeking“ zeigt hier mehr Einfluss: Fahrer mit niedrigeren Werten auf der SS-Skala führten mit BSW mehr Spurwechsel durch und erreichten das Niveau der Fahrer mit hohen SS-Werten.

Bei der qualitativen Auswertung der Probandenaussagen zeigte sich, dass 12 von 30 Versuchspersonen das allgemeine Risiko sehen, dass sich Nutzer zu sehr auf die Funktionsweise des Systems verlassen und dadurch den eigenen Schulterblick vernachlässigen.

Falls die erhöhte Anzahl von Spurwechseln nicht nur auf das Austesten des Systems zurückgeführt werden kann, sondern eine allgemeine Folge der Assistenz darstellt, wären dadurch verursachte Folgeeffekte (z. B. auf den Verkehrsfluss) zu untersuchen. Die Verkehrssicherheit scheint davon nicht in gleichem Maße berührt zu sein – gemäß den Ergebnissen des Experiments wurde trotz vermehrter Spurwechsel keine Erhöhung der Anzahl kritischer Ereignisse festgestellt.

5.9.3 Curve Speed Assistant

Der Curve Speed Assistant wurde mit in die Auswahl der zu untersuchenden Fahrerassistenzsysteme genommen, da er zum einen im Alltag sehr präsent wäre und dem Fahrer ein subjektiv erhöhtes Sicherheitsgefühl vermitteln könnte. Diese Kriterien wurden von der OECD als förderlich für das Auftreten (negativer) Verhaltensadaptationen, wie zum Beispiel eines Anstiegs der gewählten Geschwindigkeit, beschrieben.

Die Ergebnisse des Experiments, die sich nur auf unmittelbare, eher kurzfristige Verhaltensänderungen beziehen, spiegeln dies nicht wider. Weder die Nutzung an sich noch die verschiedenen Instruktionen der Fahrer hatten einen statistisch signifikanten Einfluss auf die gewählte Geschwindigkeit bei freier Sicht oder im Nebel. Ebenso änderte sich die Anzahl kritischer Ereignisse nicht systematisch mit den experimentellen Bedingungen. Im Gegensatz dazu zeigte der Einfluss des Persönlichkeitskonstrukts „Sensation Seeking“ bei der Geschwindigkeitswahl eindeutig signifikante Effekte. „High sensation seekers“ fuhren sowohl bei freier Sicht als auch bei Nebel signifikant schneller als „low sensation seekers“. Indikatoren, die sich unmittelbar auf das Fahrerverhalten in Kurven beziehen, konnten nicht herangezogen werden, da viele Versuchspersonen unerwartet große Schwierigkeiten mit der Fahraufgabe in Kurven hatten und ein eher unnatürliches Geschwindigkeitsverhalten zeigten.

Die qualitative Auswertung der Probandenaussagen zeigen ein gemischtes Bild: Ein Drittel der Teilnehmer gab an, dass sie durch das System sicherer und aufmerksamer gefahren sind. Vier Teilnehmer fühlten sich durch die visuelle Anzeige der empfohlenen Geschwindigkeit abgelenkt und ca. fünf Teilnehmer gaben an, dass der Curve Speed Assistant dazu verleiten könnte, das System zu „testen“ und dadurch sogar höhere Geschwindigkeiten in Kurven entstünden. Wie lange dieses Testen in der Realität dauern würde, kann jedoch mit dieser Art von Untersuchung nicht geklärt werden.

5.10 Schlussfolgerungen

Mit der vorgestellten experimentellen Reihe wurde versucht, unmittelbare Auswirkungen einer elektronischen Fahrassistenz – positive wie negative – auf das Fahrerverhalten nachzuweisen. Eine weitere Fragestellung bezog sich auf den Einfluss unterschiedlicher Systembeschreibungen auf das mentale Modell eines FAS sowie – in einem weiteren Schritt – dessen Auswirkungen auf das Fahrerverhalten.

Die Frontal Collision Warning bewirkte vor allem unter Nebelbedingungen einen Anstieg der gewählten Geschwindigkeit, was als Fehlgebrauch gewertet werden kann. Aussagen über das hierdurch entstehende Risiko, die Verkehrsicherheit für sich und andere Verkehrsteilnehmer zu verringern, können auf Basis der vorliegenden Datenlage nicht getroffen werden. Die positiven Effekte einer FCW können in der Praxis im langfristigen Einsatz durchaus überwiegen. Es sollte jedoch bedacht werden, dass der theoretisch erzielbare Gewinn an Sicherheit durch eine (negative) Verhaltensadaption eingeschränkt wird.

Das BSW-System zeigte ebenfalls Verhaltenseffekte: Fahrer überholten (bei guten Sichtbedingungen)

signifikant häufiger. Ob dieses Verhalten allerdings langfristig aufrechterhalten bleibt oder nur im Simulatorexperiment auftritt, kann nicht eindeutig geklärt werden. Hierzu wäre eine länger angelegte Feldstudie hilfreich. Zum Zeitpunkt der Durchführung des Experiments gab es noch keine kommerziell verfügbaren Systeme dieser Art.

Im Gegensatz zu FCW und BSW bewirkte der Curve Speed Assistant (CSA) im Experiment keine nachweisbaren Auswirkungen auf die Geschwindigkeitswahl. Der Grund hierfür kann auch an den relativ geringen Kurvenradien des Szenarios liegen, mit denen viele Versuchspersonen Schwierigkeiten hatten. Weder die Nutzung des CSA noch der Faktor „Art der Systembeschreibung“ hatten einen statistisch signifikanten Einfluss. Nur in den subjektiven Kommentaren der Versuchspersonen kamen einzelne Bedenken, die sich auf negative Verhaltensanpassung bezogen, vor.

Insgesamt gesehen konnten durch die Simulatorstudie einzelne, spezifische Auswirkungen nachgewiesen werden. Es sollte jedoch auch bedacht werden, dass in diesem Experiment aufgrund der kurzen Versuchsdauer nur unmittelbare Effekte untersucht werden konnten. In Zukunft, wenn die untersuchten Prototypen in größerer Zahl verfügbar sein werden, erscheinen ausgedehnte und länger angelegte Feldstudien als sinnvolle Ergänzung zum beschriebenen Simulatorexperiment.

6 Feldbefragung

Die Experimente im Fahrsimulator zielten auf kurzfristige, unmittelbare Auswirkungen eines neuen FAS auf das Fahrerverhalten. Negative Verhaltensanpassungen, die auf ein falsches Modell des FAS zurückführbar sind, können dort aufgedeckt werden. Missbrauch setzt dagegen Erfahrung mit dem FAS voraus und wird sich erst nach längerem Gebrauch zeigen. Um den persönlichen, längerfristigen Gebrauch der bereits am Markt verfügbaren Assistenzsysteme „Spurassistent“ und „ACC“ zu beleuchten, wurden deswegen schriftliche Befragungen und Interviews mit Fahrern, die privat oder dienstlich ein entsprechend ausgestattetes Fahrzeug fahren, durchgeführt.

6.1 Methodik

Die für dieses Projekt interessierenden Phänomene Fehlgebrauch und Missbrauch stellen Teilbereiche des allgemeinen Gebrauchs eines Systems dar. Fehlgebrauch entspricht nach der festgelegten Definition einer vom Hersteller nicht gewollten Gebrauchsart, wobei diese Abweichung vor allem auf ein falsches Systemverständnis beim Nutzer zurückzuführen ist. Ein Missbrauch ist im Gegensatz dazu dem Nutzer durchaus bewusst und entsteht aus dem Streben, einen weiteren persönlichen Vorteil aus dieser Gebrauchsart zu ziehen.

Als Methode, potenziellen Fehlgebrauch und Missbrauch der beiden Fahrerassistenzsystemen zu identifizieren, wurde die schriftliche Befragung bzw. das Interview gewählt. Für die Studie wird als wichtig erachtet, Daten zu erheben, die aus dem längerfristigen Umgang mit dem eigenen Fahrzeug resultieren. Deswegen wurden Personen akquiriert, die privat oder dienstlich ein entsprechend ausgestattetes Fahrzeug fahren und dadurch über den persönlichen Gebrauch Auskunft geben können. Befragungen haben jedoch auch methodische Nachteile, die durch entsprechende Vorkehrungen gemindert werden sollten:

Da in Befragungen nur Gebrauchsarten erhoben werden können, die den Fahrern auch bewusst sind, wurden zur Untersuchung des Phänomens Fehlgebrauch (nicht bewusstes Abweichen vom vorgesehenen Gebrauch) Fragen zum mentalen Modell (Systemverständnis, Leistungsgrenzen etc.) gestellt. Die Art der zugrunde liegenden mentalen Modelle erlaubet in Kombination mit Aussagen zum Gebrauch Rückschlüsse auf vorhergesehenen Gebrauch, Fehlgebrauch und Missbrauch.

Befragungen finden in einem sozialen Kontext statt und bergen das Risiko, vor allem sozial erwünschte Aussagen hervorzurufen. Um diesen Nachteil zu kompensieren, wurde in der Instruktion bzw. der Intervieweinführung explizit betont, dass das Ziel der Studie nur erreicht werden kann, wenn die Befragten den persönlichen tatsächlichen Gebrauch des Systems beschreiben, der durchaus von den Soll-Vorstellungen des Herstellers abweichen kann. Allen Befragten wurde zusätzlich für die Datenauswertung die volle Anonymität zugesichert.

Der verwendete (schriftliche) Fragebogen zur Bewertung des Spurassistenten wurde im Rahmen dieses Projekts entwickelt und hatte zum Ziel, möglichst viele Nutzer des Spurassistenten mit vertretbarem zeitlichem und ökonomischem Aufwand zu erreichen. Der Fragebogen kann auch für das persönliche Interview eingesetzt werden und ist wie folgt aufgebaut (siehe Anhang E):

- Begrüßung und Einführung in die Thematik,
- demografische Daten,
- Erwartungen und Kaufgründe,
- Systemverständnis und wahrgenommene Leistungsgrenzen,
- vorgesehener Einsatzzweck,
- Erwartungen an Sicherheit und Verantwortlichkeiten,
- persönliche Gebrauchsszenarien,
- Testen von Leistungsgrenzen,
- Einfluss auf wahrgenommene Sicherheit und Komfort,
- nicht vorgesehener Gebrauch,
- Umgang mit Fehlfunktionen und Fehlalarmen.

Ein für das ACC-System analog konstruierter (schriftlicher) Fragebogen erwies sich für die meisten Fahrer dieses Systems als nicht akzeptabel. Deswegen wurde für die Bewertung des Geschwindigkeits- und Abstandsreglers ACC ein Interviewleitfaden erstellt, der in Telefoninterviews zum Einsatz kam. Der Leitfaden war wie folgt aufgebaut (siehe Anhang F):

- Begrüßung und Einführung in die Thematik,
- demografische Daten,
- Kaufgründe und Erwartungen,
- Systemverständnis und erwartete Leistungsgrenzen,
- persönliche Gebrauchsszenarien,
- Erwartungen an Sicherheit und Verantwortlichkeiten,
- Testen von Leistungsgrenzen,
- nicht vorgesehener Gebrauch.

Die Themenbereiche leiten sich aus den bereits in Kapitel 4.2.1 beschriebenen Kriterien zur Abschätzung negativer Verhaltensanpassungen ab. Ebenso wurden alle relevanten Aussagen der verfügbaren Betriebsanleitungen zu den Systemen berücksichtigt.

Die spezifischen Hypothesen zum nicht vorgesehenen Gebrauch wurden gezielt von weniger kritischen Fragen zum allgemeinen Gebrauch und der persönlichen Systembeurteilung umschlossen, um einen neutraleren Charakter der Befragung zu gewährleisten. Des Weiteren wurde in der Instruktion darauf hingewiesen, dass einzelne Aussagen zu Fehlgebrauch oder Missbrauch keine Unterstellung darstellen, aber dennoch wahrheitsgemäß beantwortet werden sollen.

Für eine quantitative Analyse der schriftlich versendeten Fragebögen sind die meisten Fragen als Aussagen formuliert, die anhand vorgegebener Kategorien beantwortet werden konnten. Für jede Aussage wurde jedoch auch um einen kurzen qualitativen Kommentar gebeten, der weitere wichtige Hinweise zur richtigen Interpretation der Aussagen liefern kann. Die Fragebögen wurden entweder im Rahmen eines Interviews zusammen mit dem Versuchsleiter ausgefüllt bzw. an die Adresse der akquirierten Personen geschickt. Das Ausfüllen des Fragebogens dauerte ca. 30 Minuten und wurde mit 20 EUR vergütet. Ein Telefoninterview dauerte ca. 45 Minuten und wurde mit 80 EUR vergütet.

6.2 Beurteilung des Spurassistenten

6.2.1 Allgemeine Beschreibung

Das untersuchte Spurassistenzsystem zur Warnung bei unbeabsichtigtem Spurwechsel wird derzeit in Europa für ausgewählte Fahrzeuge eines Autoherstellers angeboten. Wie der Betriebsanleitung zu entnehmen ist, warnt das System den Fahrer durch Vibration in der Sitzfläche, falls der Fahrer eine durchgehende oder unterbrochene Linie überfährt. Voraussetzung ist, dass das Fahrzeug mit einer Mindestgeschwindigkeit von 80 km/h bewegt wird sowie der Blinker in den letzten 20 Sekunden nicht aktiviert war. Das System ist zur Verwendung auf Autobahnen und Schnellstraßen vorgesehen.

Der Hersteller weist darauf hin, dass die Erkennung der Fahrbahnmarkierung bei schwachem Kontrast zum Fahrbahnbelag sowie durch Verschmutzung der Sensoren beeinträchtigt sein kann. Andererseits kann das System auch nicht gewünschte Warnungen (z. B. beim Überfahren eines Abbiegepfeils auf der Fahrbahn) auslösen.

In der Betriebsanleitung besonders hervorgehoben ist, dass die Aufmerksamkeit des Fahrers und seine Beherrschung des Fahrzeugs nicht beeinträchtigt werden dürfen.

6.2.2 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Befragung zum Spurassistenten dargestellt. Die Auswertung der Antworten erfolgt teils quantitativ, teils qualitativ, da zur Interpretation auch die vorhandenen Kommentare berücksichtigt werden.

6.2.2.1 Demografische Daten

Befragt wurden insgesamt 40 Fahrer zwischen 24 und 78 Jahre (Mittelwert 53 Jahre), die privat oder dienstlich ein Fahrzeug mit einem Spurassistenten fuhren. Davon füllten 32 Fahrer den zugeschickten Fragebogen aus, 3 wurden am Telefon interviewt und 5 Fahrer waren mit ihrem Pkw vor Ort und ließen sich nach einer Probefahrt persönlich interviewen. Die Stichprobe bestand aus 4 Frauen und 36 Männern, die zwischen 400 und 18.000 km Erfahrung (im Durchschnitt ca. 7.000 km) mit dem Spurassistenten gesammelt haben.

Gefragt nach ihrem Fahrstil schätzten sich 13 Teilnehmer als „sportlich-dynamisch“ ein, 25 beurteilten ihren Fahrstil als „ruhig-ausgeglichen“ und 2 als „vorsichtig-unsicher“.

6.2.2.2 Kaufgründe und Erwartungen an den Spurassistenten

Alle Teilnehmer der Studie wurden nach ihren Kaufgründen und zu ihren ursprünglichen Erwartungen an das System befragt. 16 Personen gaben an, dass sie den Spurassistenten nur gekauft haben, da er Teil der Serienausstattung war. Als Sonderausstattung hätten sie das System nicht gekauft, da ihnen „anderes wichtiger“ wäre oder „sie sich nicht vorstellen können, so etwas zu brauchen“. Bei weiteren 6 Personen war der Spurassistent zwar Teil der Serienausstattung, sie hätten das System jedoch auch als Sonderausstattung aus Gründen wie Sicherheit, Neugier und Innovation gekauft. Die restlichen 17 Befragten gaben an, dass sie das System bewusst als Sonderausstattung bestellt haben. In der letzten Gruppe wurde neben den bereits genannten Gründen Sicherheit, Neugier und Innovation explizit der Schutz vor Sekundenschlaf erwähnt.

Bei den Erwartungen zum Spurassistenten ergab sich folgendes Gesamtbild: Ca. 10 Befragte gaben an, keine bzw. keine spezifischen Erwartungen an das System zu haben, der Großteil der restlichen Befragten erwähnte eine allgemein erhöhte Fahrsicherheit, die sich durch ein zuverlässiges Warnsystem ergeben soll. 10 Personen erwarteten darüber hinaus explizit, dass der Spurassistent als Maßnahme gegen den Sekundenschlaf eingesetzt werden könnte, indem er sie gegebenenfalls aufweckt bzw. indem das System den Sekundenschlaf „vermeidet“. Diese Vorstellungen gehen teilweise (nach eigenen Angaben) auch auf einen Werbespot im Fernsehen zurück, in dem ein Fahrer eines Fahrzeugs mit Spurassistent auch mit verbundenen Augen sicher auf der Spur bleibt.

6.2.2.3 Systemverständnis und erwartete Leistungsgrenzen

Zu Beginn wurden im Fragebogen die Teilnehmer aufgefordert, ihr Verständnis zur Funktionsweise des Systems frei zu formulieren. Später wurden spezifische Aussagen zur Funktionsweise des Spurassistenten vorgelegt, die dann bezüglich ihrer Richtigkeit beurteilt werden sollten. Eine qualitative Auswertung der frei formulierten Erklärungen zeigt, dass sich das Verständnis vor allem durch die vermutete Sensortechnologie unterscheidet. Der größte Teil (ca. 20 Personen) vermutet, dass Kontrastunterschiede von einem optischen Sensor erkannt werden und damit die Vibration im Sitz steuern. Weitere 10 Personen vermuten, dass die Sensoren (auch) Farben unterscheiden können, 2 Befragte denken, dass die Sensoren die Oberflächenbeschaffenheit erkennen. Schließlich gaben 2 Personen an, dass Höhenunterschiede als Grundlage für den Spurassistenten verwendet werden.

Bei schmutzigen und schneebedeckten Straßen gaben ca. zwei Drittel der Befragten an, dass der Spurassistent bei sichtbaren Markierungen immer noch zuverlässig funktioniert. Noch etwas mehr Teilnehmer – vier Fünftel – denken, dass das System auch bei Regen, Nebel und Schneefall einsetzbar ist. Gleichzeitig konnte sich aber nur ein Drittel vorstellen, dass die Sensoren unempfindlich gegenüber Verschmutzung sind. Generell fiel bei diesem Fragenkomplex anhand der Kommentare auf, dass sich viele Befragte mit ihrer Antwort nicht sicher waren.

6.2.2.4 Vorgesehener Einsatzzweck

Das Benutzerhandbuch des Herstellers empfiehlt den Einsatz des Spurassistenten auf Autobahnen und Schnellstraßen. Dies bestätigten alle Befragten. Etwas mehr als die Hälfte (26 Personen) dehn-

te den Einsatzbereich jedoch auch auf gerade Landstraßen und große Straßen im Stadtverkehr aus.

Eine Hypothese, wie der Spurassistent fälschlicherweise gebraucht werden könnte, lautet, dass nicht fahrrelevante Nebentätigkeiten motiviert werden könnten. Die Frage, ob der Spurassistent auch dazu da ist, damit der Fahrer sicher auf der Straße bleibt, wenn er durch eine Nebenaufgabe abgelenkt ist, bejahten 17 von 40 Befragten (siehe Bild 19). Einige kommentierten ihre Antwort damit, dass das System diesen Sicherheitsvorteil bei Nebentätigkeiten bieten kann, aber deswegen nicht mehr Nebentätigkeiten erledigt werden.

Ein ähnliches Bild zeigt die Antwort auf die Frage, ob die zugrunde liegende Idee des Spurassistenten ist, den Fahrer zu entlasten, damit er sich nicht ständig auf die Straßenbegrenzungen konzentrieren muss. 8 Befragte stimmten dem kommentarlos zu, die überwiegende Mehrheit verneinte diese Aussage deutlich, was wiederum an einzelnen Kommentaren klar ersichtlich wurde (siehe Bild 20).

6.2.2.5 Erwartungen an Sicherheit und Verantwortlichkeiten

Etwa die Hälfte (18 Personen) der Befragten gab an, dass der Spurassistent ein Sicherheitssystem ist, auf das sie sich immer verlassen können müssen (siehe Bild 21). Gleichzeitig glaubte niemand, dass der Hersteller für einen eingetretenen Schaden haftet, falls der Spurassistent einmal nicht funktioniert und ein Unfall entsteht. Die Zuverlässigkeit des Systems wird eher als ein notwendiges Qualitätsmerkmal angesehen, das alle elektronischen Systeme erfüllten sollten. Es hätte aber nicht die Bedeutung von elementaren Sicherheitssystemen wie z. B. der Bremsanlage.

6.2.2.6 Persönliche Gebrauchsszenarien

Eine Kategorisierung der freien Antworten auf die Frage, in welchen Situationen die Teilnehmer den Spurassistenten typischerweise einsetzen, ergibt folgendes Bild: 13 Personen gaben an, das System grundsätzlich immer eingeschaltet zu lassen, 24 schalten es bei längeren Autobahnfahrten zu, 2 Personen nannten speziell kurvige Landstraßen als Gebrauchsszenario, eine Person nutzt es bei widrigen Sichtbedingungen (Nebel, Schnee) und 6 Personen gaben explizit an, das System bei Müdigkeits- oder Unaufmerksamkeitsgefahr (vor allem nachts) einzusetzen. Für den Stadtverkehr gaben 25 Personen an, das System selten oder nie einzusetzen, die restlichen Befragten nutzen es demnach auch im Stadtverkehr (in dem Sinne, dass sie es dort nicht ausschalten).

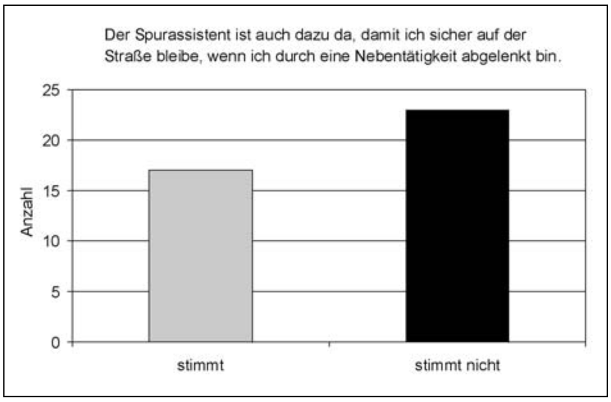


Bild 19: Erwartungen an den Spurassistenten bezüglich Nebentätigkeiten

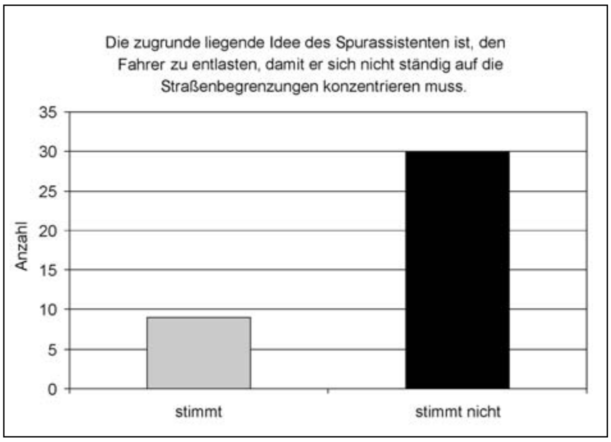


Bild 20: Erwartungen an den Spurassistenten bezüglich einer allgemeinen Entlastung

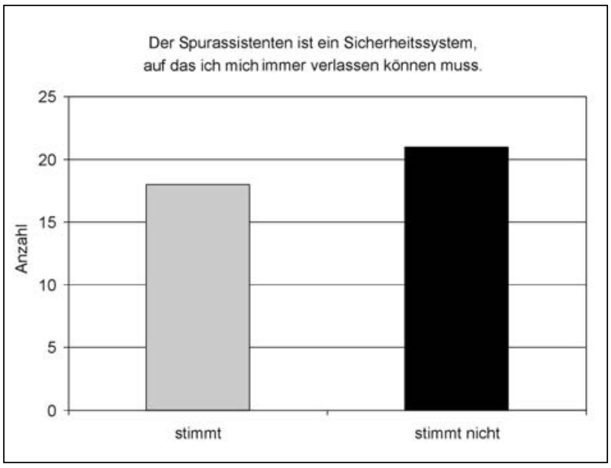


Bild 21: Erwartungen an die Zuverlässigkeit des Spurassistenten

6.2.2.7 Testen von Leistungsgrenzen

Basierend auf der RESPONSE-2-Checkliste wurde auch der Themenbereich „Testen von Leistungsgrenzen“ in die Fragenliste aufgenommen. Die Frage, ob die Teilnehmer am Anfang die Leistungsgrenzen (wann und wie funktioniert das System?) testen mussten, um die Funktionsweise des Spurassistenten zu erfahren, ergab ein gemischtes Antwortbild. Ca. die Hälfte berichtete ein anfängliches Testen der Leistungsgrenzen, die andere Hälfte nicht. Ebenso erachten ca. zwei Drittel der Befragten ein Testen der Leistungsgrenzen bei ungünstigen Fahrbahnbedingungen als wichtig. Ein kontinuierliches Testen der Leistungsgrenzen wurde gemäß den Antworten nur in sehr wenigen Fällen befürwortet (siehe Bild 22).

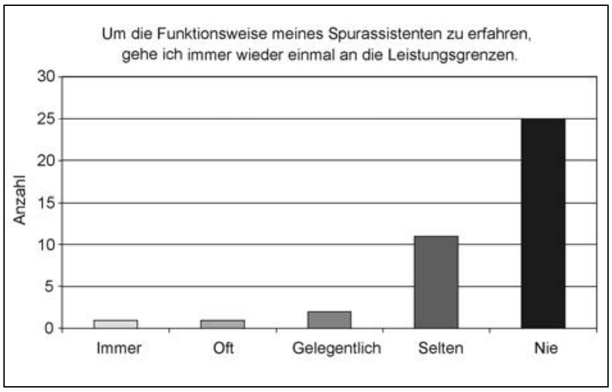


Bild 22: Kontinuierliches Testen von Leistungsgrenzen des Spurassistenten

6.2.2.8 Einfluss auf wahrgenommenen Komfort und Sicherheit

Auf die Frage, ob die Fahraufgabe mit zugeschaltetem Spurassistenten erleichtert wird, antwortete ca. die Hälfte der Befragten mit „gar nicht“ oder „kaum“. Das aktivierte Spurassistenzsystem hat für diese Befragten ausgehend von den mitgelieferten Kommentaren keinen Einfluss auf das normale Fahrerverhalten, da es als Warnsystem erst bei sehr kritischeN Situationen auf den Fahrer wirkt. Weitere 16 Personen gaben für die Fahrten mit Spurassistenten eine mittelmäßige oder ziemliche Erleichterung an. Diese Erleichterung geht ausgehend von den verfügbaren Kommentaren teilweise auf den gefühlten Sicherheitsgewinn zurück und teilweise auf den Erinnerungseffekt, beim Wechseln der Spur zu blinken. Fünf Personen haben explizit hervorgehoben, dass sie es schätzen, wenn sie durch das System auf das vergessene Setzen des Blinkzeichens hingewiesen werden. Insgesamt sehen die Befragten den Spurassistenten als ein System, das eher die Sicherheit als den Komfort erhöht.

6.2.2.9 Nicht vorgesehener Gebrauch

Die für das Projekt und dieses Assistenzsystem wichtigsten Fragen betreffen den potenziellen Fehlgebrauch oder Missbrauch des Spurassistenten. Da die Befragten erwartungsgemäß Schwierigkeiten hatten, auf die Problematik detailliert zu antworten, wurden im Fragebogen hypothetische Fehlgebrauchs- oder Missbrauchsarten angesprochen und um eine ehrliche persönliche Einschätzung gebeten. Es wurde des Weiteren bei manchen Gebrauchsarten unterschieden, ob das System in



Bild 23: Potenzielle Nutzung des Spurassistenten als Lenkhilfe

einer solchen Weise genutzt werden könnte und ob die Befragten das System selbst in einer solchen Weise genutzt haben. Die im Fragebogen verwendeten hypothetischen Gebrauchsarten, die vom Hersteller nicht erwünscht sind, waren:

- Verwendung des Systems als Lenkhilfe,
- gezielte Nutzung bei beeinträchtigten Fahrerzuständen (Müdigkeit, Alkohol, Ablenkung durch Nebenaufgaben),
- allgemeine Steigerung des akzeptierten Risikos durch gefühlten Sicherheitszuwachs.

Bild 23 zeigt die Verteilung der Antworten auf die Frage, ob der Spurassistent als Lenkhilfe verwendet werden kann, wenn der Fahrer noch andere Dinge im Fahrzeug erledigen möchte. Die überwiegende Mehrheit der Befragten verneint diese Aussage deutlich. Leider fehlen bei den Befragten, die diese Gebrauchsart grundsätzlich nicht ausschließen, weitere Kommentierungen für eine genauere Interpretation.

Einen Schritt weiter geht die Frage, ob die Befragten den Spurassistenten tatsächlich bisher als

Lenkhilfe genutzt haben. Die Ergebnisse hierzu sind sehr deutlich (siehe Bild 24): 38 Antworten lauten „nie“, nur 2 Personen antworteten mit „selten“. Eine davon gab an, das System einmal zum Lesen der Straßenkarte während der Fahrt genutzt zu haben.

Die Frage, ob das Assistenzsystem gezielt aktiviert wird, wenn die Fahrer kleinere Mengen alkoholischer Getränke zu sich genommen haben, wurde ebenfalls klar verneint. 33 Personen gaben an, grundsätzlich keinen Alkohol als Fahrer zu trinken, die restlichen Kommentare zeigen, dass das Spurassistenzsystem bei diesen Personen unabhängig vom Genuss alkoholischer Getränke eingeschaltet ist.

Schon bei der Frage nach den Erwartungen erwähnten ca. 10 Teilnehmer, dass der Spurassist für sie einen Schutz vor Sekundenschlaf darstellen soll. Auf die Frage, ob sie den Spurassistenten bereits dazu genutzt haben, bei Müdigkeit – wenn nötig – etwas länger zu fahren, antworteten jedoch 27 von 40 Personen mit „nie“ (siehe Bild 25). Doch auch Antworten aus den anderen Kategorien kamen vor: Jeweils 6 Personen gaben an, den Spurassistenten „selten“ oder „gelegentlich“ zu verwenden, um bei Müdigkeit noch etwas länger zu fahren. 1 Person antwortete, das System „oft“ zum Weiterfahren bei Müdigkeit zu nutzen. Die zu den letztgenannten Einschätzungen erbetenen Kommentare waren im Wortlaut:

- „Mit dem System bin ich 50 km weiter gefahren als ohne, habe dann aber trotzdem eine Pause gemacht“ (Häufigkeit: gelegentlich).
- „Im Notfall (wenn ich ankommen muss) bin ich mit aktivem Spurassistenten 1 Stunde länger gefahren als ohne System“ (Häufigkeit: oft).
- „Ca. 30 Minuten bis zum nächsten Parkplatz weitergefahren“ (Häufigkeit: gelegentlich).
- „Zur Überwindung des toten Punkts“ (Häufigkeit: selten).
- „Wenn die Gefahr von Müdigkeit besteht, schalte ich das System zu“ (Häufigkeit: selten).

Eine weitere Hypothese des nicht vorgesehenen Gebrauchs eines Spurassistenten ist, dass durch ihn längere Blickabwendungszeiten (z. B. bedingt durch Nebenaufgaben) motiviert bzw. akzeptiert werden. Im Fragebogen wurden für diese Thematik zwei spezifische Fragen gestellt: Jeweils 4-5 Befragte antworteten auf die Frage, ob sie mit aktiviertem Spurassistenten auch für geringfügig längere Zeit den Blick von der Straße abwenden könne mit „Stimmt völlig“, „Stimmt ziemlich“ oder „Stimmt teils, teils“. Die mitgelieferten Kommentare zeigen für einzelne Fahrer, dass ihnen das System zwar diese Möglichkeit gibt, sie dies aber dennoch nicht in Anspruch nehmen sollen. Besser sei für diesen Fall eine Reduzierung der Geschwindigkeit. Die Mehrheit der Befragten verneinte diese Einsatzmöglichkeit gänzlich (siehe Bild 26).

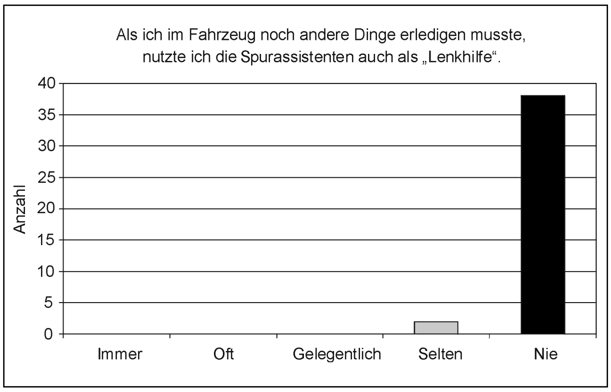


Bild 24: Realisierte Nutzung des Spurassistenten als Lenkhilfe

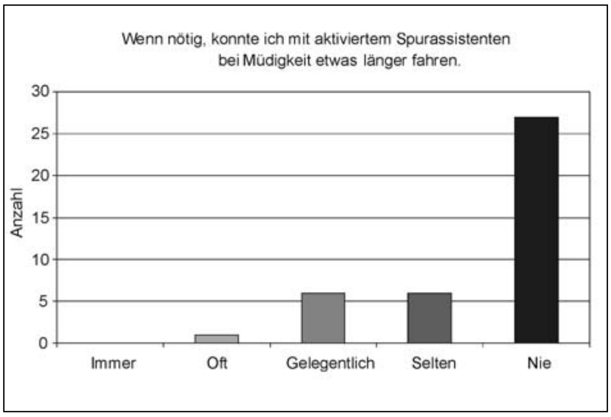


Bild 25: Nutzung des Spurassistenten bei Müdigkeit am Steuer

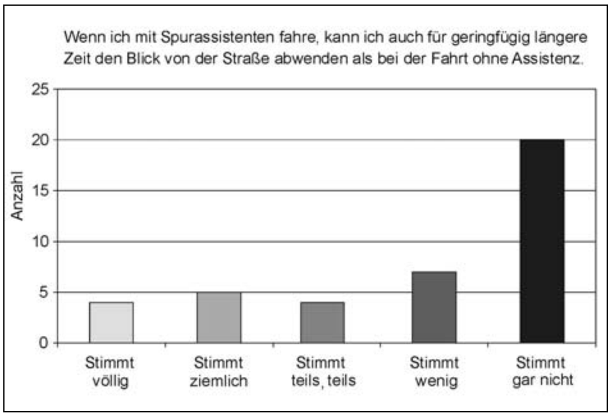


Bild 26: Potenzielle Nutzung des Spurassistenten für längere Blickabwendungen von der Straße

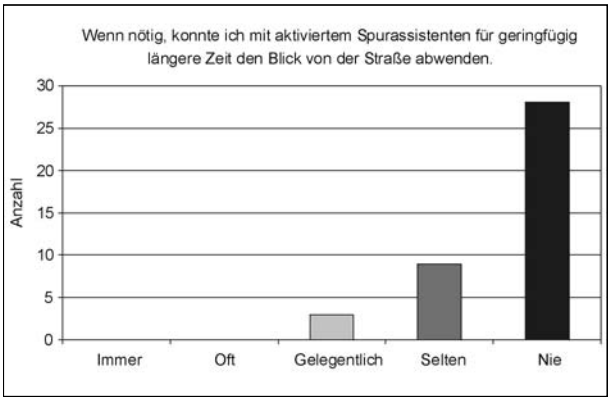


Bild 27: Reale Nutzung des Spurassistenten für längere Blickabwendungen von der Straße

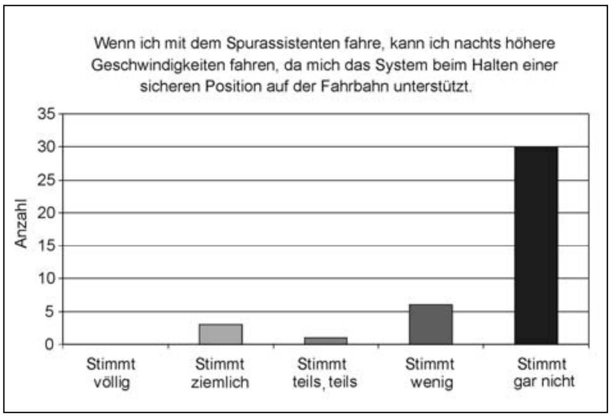


Bild 28: Der Spurassistent und sein Einfluss auf die Geschwindigkeitswahl

Noch deutlicher wird das Bild der Antworten auf die Frage, ob die Befragten das System schon einmal benutzt hätten, um den Blick – wenn nötig – länger von der Straße abzuwenden (siehe Bild 27). Die Mehrheit der Teilnehmer verneinte dies. Antwortkategorien wie „immer" oder „oft" kamen in den Ergebnissen nicht vor. Einzelne Kommentare der Befragten, die das System „gelegentlich" oder „selten" für diesen Zweck nutzten, lauten:

- „Beim Suchen von Radiosendern; Smalltalk mit Beifahrer" (Häufigkeit: selten)
- 2x „Betrachten einer schönen Landschaft bei Autobahnfahrt" (Häufigkeit: gelegentlich/selten).
- „Z. B. Blick auf Straßenkarte während der Fahrt" (Häufigkeit: gelegentlich).
- 2x „komplexes Anzeige und Bedienkonzept/CD einlegen" (Häufigkeit: selten).

Schließlich wurde mit einer Frage überprüft, ob die Fahrer eines Fahrzeugs mit Spurassistenten aufgrund eines gesteigerten Sicherheitsgefühls generell höhere Geschwindigkeiten (z. B. nachts) fahren. Wie in Bild 28 zu sehen, verneint die überwiegende Mehrheit diese Denkweise. Für die wenigen Fahrer, die diese Gebrauchsmöglichkeit für sich bejahen, liegen bis auf die Aussage „ich könnte, mache es aber nicht" keine Kommentierungen vor.

6.2.2.10 Umgang mit Fehlfunktionen und Fehlalarmen

Der untersuchte Spurassistent hat, wie auch in der Betriebsanleitung beschrieben, Leistungsgrenzen, die dazu führen, dass unter bestimmten Bedingungen eine notwendige Warnung unterbleibt (z. B. aufgrund schlecht erkennbarer Straßenmarkierungen) und in anderen Situationen eine Warnung ausgegeben wird, die nicht relevant ist (z. B. aufgrund anderweitiger Markierungen auf der Straßenoberfläche). Diese Phänomene sind aufgrund der längeren Gebrauchserfahrung allen Teilnehmern bekannt. Fehlalarme wurden dem System jedoch nur von 2 Personen explizit als Mangel angelastet. Viele akzeptieren die nicht relevanten Warnungen und sehen sie als Artefakt der technischen Funktionsweise an.

Bemerkenswert ist, dass zwei Fahrer angeben, die Fehlalarme im Baustellenbereich aus Komfortgründen durch kurzes Setzen eines Blinkzeichens unter Kontrolle zu halten. Diese vom Hersteller sicherlich nicht vorgesehene Methode stoppt die Vibration und verhindert für die nächsten 20 Sekunden weitere (Fehl-)Warnungen.

6.2.2.11 Individueller Fehlgebrauch und Missbrauch des Spurassistenten

Fehlgebrauch und Missbrauch stellen nach der für dieses Projekt festgelegten Definition nicht erwünschte Gebrauchsarten eines Assistenzsystems dar. Fehlgebrauch zeichnet sich darüber hinaus dadurch aus, dass der fälschliche Gebrauch auf ein falsches Systemverständnis bzw. falsche Erwartungen zurückgeht, Missbrauch ist im Gegensatz dazu ein fälschlicher Gebrauch, der dem Fahrer als solcher bewusst ist. Um die beiden wichtigen Konstrukte des Projekts in die Auswertung der Ergebnisse einzubringen, werden für alle Befragten der Gebrauch und das Systemverständnis kategorisiert. Die Grundlage für die Einschätzung des Systemverständnisses bilden die Antworten zu den vier ausgewählten Fragebogenitems:

- SV1: Funktionsweise des Spurassistenten.

- SV2: „Der Spurassistent ist ein Sicherheitssystem, auf das ich mich immer verlassen können muss.“
- SV3: „Die zugrunde liegende Idee des Spurassistenten ist, den Fahrer zu entlasten, damit er sich nicht ständig auf die Straßenbegrenzungen konzentrieren muss.“
- SV4: „Der Spurassistent ist auch dazu da, damit ich sicher auf der Straße bleibe, wenn ich durch eine Nebentätigkeit abgelenkt bin.“

Für die Einstufung des Gebrauchs wurden die Antworten auf die folgenden vier Aussagen herangezogen:

- G1: „Als ich im Fahrzeug noch andere Dinge erledigen musste, nutzte ich den Spurassistenten auch als Lenkhilfe.“
- G2: „Wenn nötig, konnte ich mit aktiviertem Spurassistenten für geringfügig längere Zeit den Blick von der Straße abwenden.“
- G3: „Wenn nötig, konnte ich mit aktiviertem Spurassistenten bei Müdigkeit etwas länger fahren.“
- G4: „Wenn ich mit dem Spurassistenten fahre, kann ich nachts höhere Geschwindigkeiten fahren, da mich das System beim Halten einer sicheren Position auf der Fahrbahn unterstützt.“

Jede Aussage auf diese acht Kriterien wurde unter Berücksichtigung der verfügbaren Kommentare geprüft, ob sie als sicherheitskritisch (unter Berücksichtigung der Herstellerangaben) eingestuft werden kann. Die möglichen Ausprägungen waren

- nicht sicherheitskritisch (in Bild 29 weiß markiert),
- wenig sicherheitskritisch, aber vom Hersteller nicht vorgesehen (in Bild 29 grau markiert),
- sicherheitskritisch, vom Hersteller nicht vorgesehen (in Bild 29 schwarz markiert).

Bei den meist fünfstufigen Antwortmöglichkeiten zum persönlichen Gebrauch wurde die mittlere Kategorie (gelegentlich, stimmt teils, teils, mittelmäßig, vielleicht) als bedingt sicherheitskritisch gewertet, die beiden positiven Antwortkategorien der Items wurden als sicherheitskritisch eingestuft.

Ausgehend von der Annahme, dass Fehlgebrauch auf ein nicht adäquates Systemverständnis zurückgeht, müssten sich in den erhobenen Daten kritische Aussagen sowohl für die vier Aussagen zum Systemverständnis (SV1 bis SV4) als auch für die vier Aussagen zum Gebrauch des Spurassistenten (G1 bis G4) finden. Im Falle eines Missbrauchs sollte das Systemverständnis adäquat sein, sich allerdings kritische Aussagen für den Gebrauch häufen.

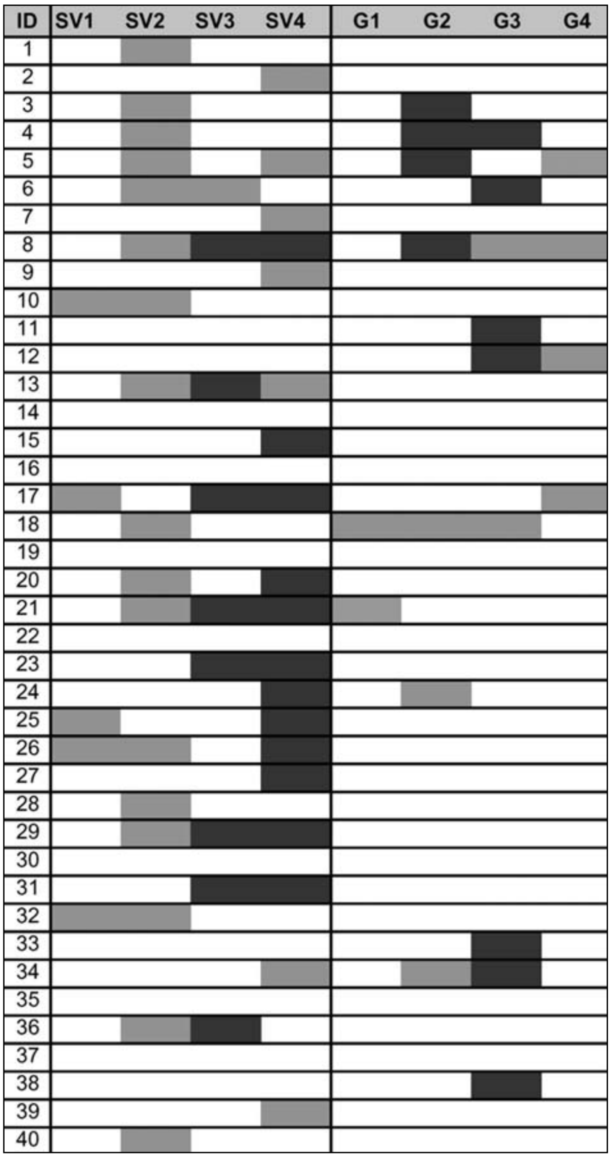


Bild 29: Übersicht über die Qualität des Systemverständnisses (SV1-4) und des persönlichen Gebrauchs (G1-4) für alle Befragten (ID1-40). Weiß: nicht sicherheitskritisch; grau: wenig sicherheitskritisch, aber vom Hersteller nicht vorgesehen; schwarz: sicherheitskritisch, vom Hersteller nicht vorgesehen

Die qualitative Analyse der Ergebnisse (siehe Bild 29) zeigt für die ausgewählten 8 Kriterien, dass Fehlgebrauch, wie oben operationalisiert, in nur einem Fall (Teilnehmer 8) angenommen werden kann. Dieser Teilnehmer zeigt sowohl im Systemverständnis kritische Bewertungen als auch beim realisierten Gebrauch.

Ca. ein Viertel der Befragten zeigte zwar ein adäquates Systemverständnis, nutzten den Spurassistenten aber in einer Weise, die vom Hersteller so nicht vorgesehen sein dürfte (in Bild 29 überwiegend unkritische Beurteilungen des Systemverständnisses in Kombination mit kritischen Bewertungen des Gebrauchs). Nach obiger Definition könnte das als Missbrauch gewertet werden. Bei der qualitativen Analyse der Ergebnisse in Bild 29 fällt aber besonders auf, dass viele Befragte zwar kritische Aussagen zum Systemverständnis machten (vor allem zu SV4), dies allerdings im persönlichen Gebrauch (G1 und G2) keine Auswirkungen hatte. Dieses Muster wurde in Kapitel 2.2.2 als „unkritischer Gebrauch“ bezeichnet.

6.2.3 Schlussfolgerung

Mit Hilfe der schriftlichen Befragung bzw. der Interviewmethode wurde versucht, ein Abbild der persönlichen Kenntnisse, Erfahrungen und Gebrauchsarten des Spurassistenten zu erstellen. Es lassen sich bei jeder Frage vereinzelt kritische Aussagen finden, die in der Regel nicht gehäuft bei der selben Person auftraten. Bei kritischen Aussagen fällt auf, dass die Befragten oft zwischen der Gebrauchsmöglichkeit und dem tatsächlich realisierten Gebrauch unterscheiden. Da bei der individuellen Auswertung der Ergebnisse auch deutlich wurde, dass ein nicht korrektes Systemverständnis durchaus mit herstellerkonformem Gebrauch einhergehen kann, trat als weitere Kategorie der oben definierte „unkritische Gebrauch“ neben Fehlgebrauch und Missbrauch auf. Die Ursache der überhöhten Erwartungen an das System kann aufgrund der Datenlage nicht eindeutig ermittelt werden. Eine Hypothese ist jedoch, dass die sicherheitskritischen Vorstellungen des wahrgenommenen Einsatzzwecks auf einen Werbespot zurückgehen, in dem ein Fahrer bei aktiviertem Spurassistenten mit verbundenen Augen über eine schmale Brücke fährt.

Eine wesentliche Rolle bei der methodischen Herangehensweise spielt die Formulierung der Fragen und Aussagen. Kleine Nuancen können dabei große Wirkungen nach sich ziehen. Es wurde bei der Konstruktion des Fragebogens versucht, nicht erwünschte Gebräuche zwar anzusprechen, allerdings niemals in einer sehr offensichtlichen Art. Hierdurch sollte (neben den Hinweisen in der Instruktion) eine automatische Ablehnung der Gebrauchsart aufgrund sozialer Erwünschtheit verhindert werden. Der Fragebogen ist gezielt so konstruiert worden, dass potenzieller Fehlgebrauch oder Missbrauch eher zu oft als zu selten identifiziert werden kann. Ein Nachteil dieser Herangehensweise ist, dass bei der Auswertung der Antworten eine direkte Zuteilung in eindeutig vorgesehenen Gebrauch und nicht vorgesehenen Gebrauch erschwert wird.

Durch die gezielte Konfrontation der Befragten mit verschiedenen, nicht vorgesehenen Gebrauchsmöglichkeiten eines Spurassistenten kann außerdem eine Tendenz in Richtung eines berichteten Fehlgebrauchs oder Missbrauchs erzeugt werden. Befragte, die den Spurassistenten in der korrekten Art und Weise einsetzen, dürfen diesen im engeren Sinne gar nicht gezielt „gebrauchen“ und müssten demnach alle Aussagen zum nicht vorgesehenen Gebrauch klar verneinen. Bei der in psychologischen Studien immer wieder beobachtbaren Antworttendenz zur Mitte ist davon auszugehen, dass auch einige Gebrauchsarten angegeben werden, die in Wirklichkeit keine große Rolle spielen, aber dennoch genannt werden, damit der Spurassistent in der subjektiven Beurteilung als nutzbares und wertvolles System abschneidet.

Bei Berücksichtigung dieser möglichen methodischen Artefakte ist der berichtete Missbrauch an einigen Stellen etwas milder zu interpretieren, wenn auch nicht gänzlich zu leugnen. Vor allem der bewusste Einsatz des Systems „gegen den Sekundenschlaf“ ist als äußerst kritisch zu beurteilen.

6.3 Beurteilung des Abstandsregeltempomaten ACC

6.3.1 Allgemeine Beschreibung

Das Fahrerassistenzsystem „Adaptive Cruise Control“ (Bezeichnung bei Audi, Jaguar und VW) bzw. „Distronic“ (Bezeichnung bei Mercedes) oder „Aktive Geschwindigkeitsregelung“ (Bezeichnung bei BMW) ist eine Kombination aus Geschwindigkeits- und Abstandsregelanlage und stellt eine Weiterentwicklung des bereits bekannten Tempomaten dar. Im internationalen Bereich üblicherweise „ACC“ (für Adaptive Cruise Control) genannt, wird das System im Deutschen oft als Abstandsregeltempomat bezeichnet. Für diese Studie wird der Einfachheit halber die Abkürzung ACC verwendet.

Mit Hilfe der untersuchten ACC-Systeme kann eine beliebige Geschwindigkeit zwischen 30 und ca.

190 km/h (abhängig vom Hersteller) konstant gehalten werden. Darüber hinaus hält das System einen zuvor eingestellten Abstand zu vorausfahrenden Fahrzeugen konstant. ACC soll laut Herstellerangaben den Fahrer durch selbstständiges Abbremsen und Beschleunigen entlasten. Die empfohlenen Einsatzbereiche sind längere Autobahnstrecken oder Landstraßen mit überwiegend geradem Verlauf für Wunschgeschwindigkeiten von etwa 80 bis 140 km/h. Dem Abstandsregeltempomaten sind im Fahrbetrieb systembedingte Grenzen gesetzt. Die Betriebsanleitungen der Hersteller weisen deswegen zum Aufbau eines korrekten Systemverständnisses beim Fahrer auf eine Reihe wichtiger Eigenschaften des Systems hin. Folgende Warnungen sind beispielsweise den Betriebsanleitungen von BMW und Audi zu entnehmen:

- “Achten Sie bei eingeschaltetem ACC stets auf das Verkehrsgeschehen. Die Verantwortung für ihre Geschwindigkeit und den Abstand zu anderen Fahrzeugen liegt stets bei Ihnen.”
- “Aus Sicherheitsgründen darf ACC im Stadtverkehr, bei stockendem Verkehr, auf kurvenreichen Straßen und bei ungünstigem Fahrbahnzustand (z. B. Glätte, Nebel, Rollsplitt, starkem Regen und Aquaplaning) nicht benutzt werden. Die Sicht des Radars kann durch Regen, Schnee sowie starke Gischt vermindert sein. Dies führt dazu, dass vorausfahrende Fahrzeuge unzureichend oder unter Umständen auch überhaupt nicht erkannt werden.”
- “Schalten Sie ACC beim Befahren von Abbiegespuren, Autobahnausfahrten oder in Baustellen vorübergehend aus, um in diesen Situationen ein Beschleunigen auf die Wunschgeschwindigkeit zu vermeiden.”
- “Schalten Sie ACC vorübergehend aus, wenn Sie auf der rechten Spur und andere Fahrzeuge auf der Überholspur langsamer fahren als Sie. Sie würden diese ansonsten rechts überholen.”
- “ACC reagiert nicht, wenn Sie sich einem stehenden Hindernis, z. B. einem Stau oder Pannenfahrzeug, nähern oder wenn Ihnen auf der gleichen Fahrspur ein Fahrzeug entgegenkommt.”

Das automatische Bremsvermögen des Abstandsregeltempomaten ist begrenzt und erfordert in einigen Situationen den zusätzlichen Bremseingriff des Fahrers. In diesen Situationen, einer so genannten Übernahmesituation, erscheint bei den für diese Studie ausgewählten Herstellern eine spezielle Kontrollleuchte im Kombiinstrument. Ebenso ertönt ein einmaliger kurzer Signalton.

6.3.2 Ergebnisse

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der durchgeführten Telefoninterviews dargestellt. Die Analyse erfolgt, wie beim Spurassistenten auch, teils qualitativ, teils quantitativ, da für die Interpretation der Antwort auf eine Frage immer auch die Kommentare der Befragten herangezogen wurden.

6.3.2.1 Demografische Daten

Am Telefoninterview beteiligten sich insgesamt 24 Personen, 3 Frauen und 21 Männer, im Alter zwischen 27 und 73 Jahren (Durchschnittsalter 42 Jahre). 12 Personen fuhren zum Zeitpunkt der Befragung eine Mercedes E- oder S-Klasse, acht Personen einen Audi A6 oder A8 und drei einen BMW der Reihe 5, 6 und 7 mit weitgehend vergleichbaren ACC-Systemen. Die Erfahrung mit ACC reicht von 600 km bis 300.000 km (im Durchschnitt ca. 40.000 km). Jeweils die Hälfte der Befragten schätzte ihren Fahrstil als sportlich-dynamisch bzw. als ruhig-gelassen ein. 16 Personen haben bereits Vorerfahrungen mit ACC gesammelt, sei es durch frühere eigene Fahrzeuge oder durch Probefahrten mit Fahrzeugen eines Händlers oder des Herstellers.

6.3.2.2 Kaufgründe und Erwartungen an ACC

Im Interview wurden die Teilnehmer zu den persönlichen Kaufgründen für das ACC-System befragt. Sie konnten freie Antworten geben und diese jeweils mit „ausschlaggebend“, „wichtig“ oder „weniger wichtig“ gewichten. 14 Personen gaben als ausschlaggebenden Kaufgrund an, mit ACC ein entspannteres und komfortableres Fahren zu erreichen. Jeweils fünf Personen gaben an, ACC in erster Linie wegen der zusätzlichen Sicherheit bzw. wegen einer allgemeinen Technik-/Innovationsbegeisterung gekauft zu haben. Der zweitwichtigste Grund war für 8 Personen die durch ACC hinzugewonnene Sicherheit bzw. für 2 Personen der Komfort oder die Technikbegeisterung.

6.3.2.3 Systemverständnis und erwartete Leistungsgrenzen

Die Aussagen fast aller Befragten (22 von 24 Personen) zur Funktionsweise von ACC glichen sich darin,

dass das ACC-System auf einem Radarsensor basiert, der den Abstand zu Objekten im Erfassungsbereich erkennt und dadurch die Geschwindigkeit bzw. den Abstand regeln kann. Vereinzelt führten die Befragten weitere Details zu den Leistungsgrenzen des jeweiligen Systems aus. Drei Personen hatten ein weniger korrektes Systemverständnis (z. B. Vermutung von Ultraschall-Sensoren), wobei sie angaben, bei der Erklärung nicht sicher zu sein.

Ausgehend von den Herstellerangaben und den Warnhinweisen in den Betriebsanleitungen wurde die Frage gestellt, ob durch ACC auch stehende Fahrzeuge (z. B. am Stauende) erkannt werden. Mit der korrekten Antwort „nein“ antworteten 14 Befragte, einer meinte „vielleicht“, insgesamt neun berichteten, dass ACC stehende Objekte erkennen würde, wobei davon vier angaben, dass die Bremsleistung für eine notwendige Bremsung aber nicht ausreiche (siehe Bild 30).

Die Frage, ob ACC auch Fahrradfahrer und Fußgänger erkennen würde, beantworteten 14 Personen korrekterweise mit „nein“, eine Person mit „keine Erfahrung“, 6 mit „eingeschränkt“ und 4 mit „ja“ (siehe Bild 31). Die Einschränkung bezieht sich in den verfügbaren Kommentaren darauf, dass vor

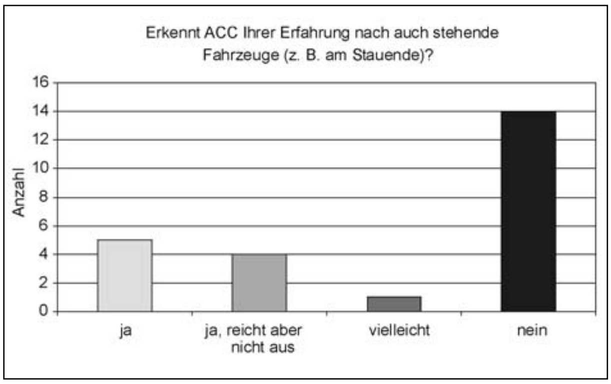


Bild 30: Erkennung von stehenden Objekten mit ACC

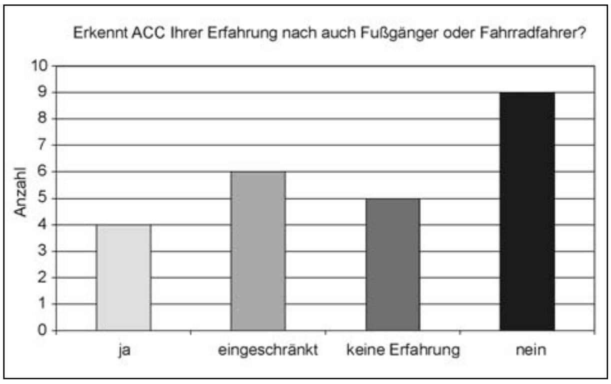


Bild 31: Erkennung von Fahrradfahrern und Fußgängern durch ACC

allem Fußgänger nicht erkannt würden. Bedenkt man allerdings die Aussagen der Befragten, dass sie ACC vor allem auf Autobahnen und gut ausgebauten Straßen nutzen, so ist die Frage der Fußgängererkennung eher von theoretischer als von praktischer Relevanz.

6.3.2.4 Testen von Leistungsgrenzen

Eine Frage des Interviews lautete: „Testen Sie das Leistungsvermögen von ACC auch bei kritischen Umweltbedingungen, Geschwindigkeiten oder Kurven?“ 17 Personen bejahten diese Frage, 7 sagten, dass sie ACC bezüglich der Leistungsgrenzen nicht bewusst testen. Anhand der Kommentare lässt sich jedoch auch ein Graubereich ausmachen, in dem die Befragten entweder meinten, dass Sie die Systemgrenzen beim normalem Gebrauch erfahren hätten bzw. die Systemgrenzen nur unter besonders sicheren Bedingungen (erhöhte Aufmerksamkeit, Testgelände) testen.

Dass die Befragten die Leistungsgrenzen von ACC testen, wurde im Interview durch Angaben zur Funktionsweise von ACC bei Nebel, Regen und Schnee verdeutlicht. 22 Befragte gaben an, dass ACC bei Nebel funktioniert (2 waren sich nicht ganz sicher). Bei Regen bejahten 20 Personen die korrekte Funktion von ACC, vier gaben an, dass ACC bei Regen eventuell eingeschränkt funktioniert. Ein gemischtes Antwortbild ergab die Frage, ob ACC auch bei Schnee funktioniert: 10 Personen gaben eine eingeschränkte Funktion an, jeweils 7 Personen verneinten bzw. bejahten die Frage.

6.3.2.5 Erwartungen an Sicherheit und Verantwortlichkeiten

Das ACC-System ist laut Herstellerangaben zunächst ein Komfortsystem. In der Wahrnehmung vieler Befragter tritt jedoch auch der Aspekt „Sicherheit“ auf. Auf die Frage, ob ACC für die Befragten ein System ist, auf das sie sich wegen der Verkehrssicherheit stets verlassen können müssen, antworteten 13 Personen mit „nein“, 6 Personen mit „ja, innerhalb der Leistungsgrenzen“ und 5 Personen mit einem „ja“ ohne Kommentar.

In die gleiche Richtung wiesen die Antworten auf die Frage, ob die Befragten es für notwenig halten, die Geschwindigkeits- und Abstandsregelung ständig zu überwachen. 16 Personen hielten dies für notwendig, während 8 Personen der Technik stärker trauten und es nicht für notwenig hielten, die korrekte Funktion kontinuierlich zu überprüfen.

Drei Teilnehmer konnten sich vorstellen, dass der Hersteller bei einem Unfall haftet, falls dieser durch eine Fehlfunktion von ACC zurückführbar ist. Die große Mehrheit, 21 Personen, gab an, dass der Hersteller nicht haften würde.

6.3.2.6 Persönliche Gebrauchsszenarien

Zur strukturierten Erfassung des realisierten Einsatzzwecks von ACC wurden die drei Stichwörter „Straßentyp“, „Verkehrsbedingung“ und „persönliche Stimmung“ vorgeben. Die Befragten konnten danach frei antworten. Eine Auszählung der Antworten zum Stichwort „Straßentyp“ ergibt 22 Nennungen für Autobahn, 16 für (gerade) Landstraßen und 5 für Stadtstraßen. Die befragten Personen setzen ACC überwiegend bei „mittlerer und hoher Verkehrsdichte“ ein. Diese Kategorien wurden ca. jeweils 15 Mal genannt. Vier explizite Nennungen gab es außerdem für die Verkehrsbedingung „freie Fahrt“. Die persönliche Stimmung hat für 14 der 24 Befragten keinen bedeutenden Einfluss auf den Gebrauch von ACC. Sechs Teilnehmer gaben an, ACC dann zuzuschalten, wenn sie sich im Auto entspannen möchten. Weitere zwei erwähnten, dass sie ACC aktivieren, um bei erwünschten Nebenaufgaben (z. B. Telefonieren oder mit einem weiteren Insassen plaudern) sicherer fahren zu können.

Die Frage nach dem optimalen Geschwindigkeitsbereich für die Verwendung von ACC konnte leider nicht eindeutig ausgewertet werden, da einige Befragte ihr derzeitiges ACC, andere jedoch ein ideales, zukünftiges System bei der Antwort betrachteten. 10 Personen gaben an, dass sie ACC gerne schon ab 0 km/h nutzen würden.

Neben den Kontextbedingungen wurde im Interview auch direkt gefragt, welche Gründe für jeden Fahrer relevant sind, ACC zu nutzen. Bei dieser Frage, gab es bereits vorgegebene Gründe, deren Relevanz die Befragten für sich persönlich einschätzen sollten. Die zu bewertenden Gründe waren

- allgemeine Entlastung, da der Abstand und die Geschwindigkeit nicht ständig selbst geregelt werden müssen,
- Entlastung des Fahrers, den vorausfahrenden Verkehr zu beobachten,
- entspanntere Sitzposition,
- Vermeidung von Auffahrunfällen bei Ablenkung,
- Vermeidung von Auffahrunfällen bei schlechten Sichtbedingungen,

die jeweils mit „gar nicht relevant“, „wenig relevant“, „relevant“ oder „sehr relevant“ beurteilt werden sollten. Die detaillierten Häufigkeitsverteilungen der Antworten können den Bildern 32 bis 36 entnommen werden. Insgesamt ergibt sich das Bild, dass

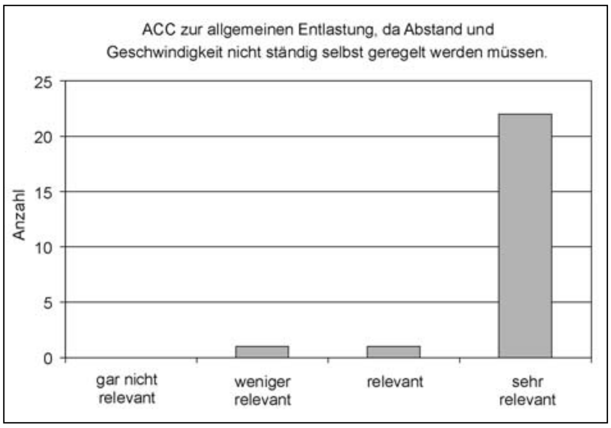


Bild 32: Nutzung von ACC zur allgemeinen Entlastung, da Abstand und Geschwindigkeit nicht ständig selbst geregelt werden müssen

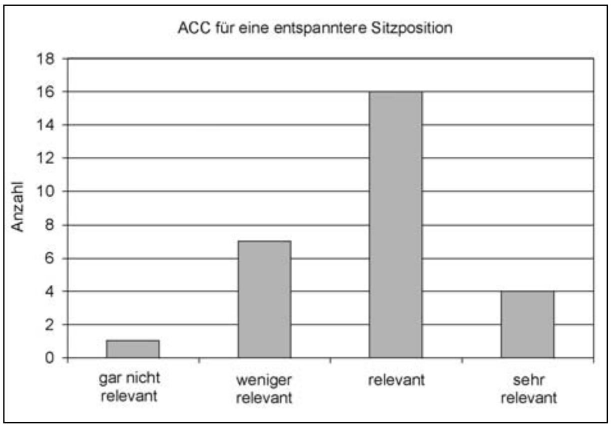


Bild 33: Nutzung von ACC für eine entspanntere Sitzposition

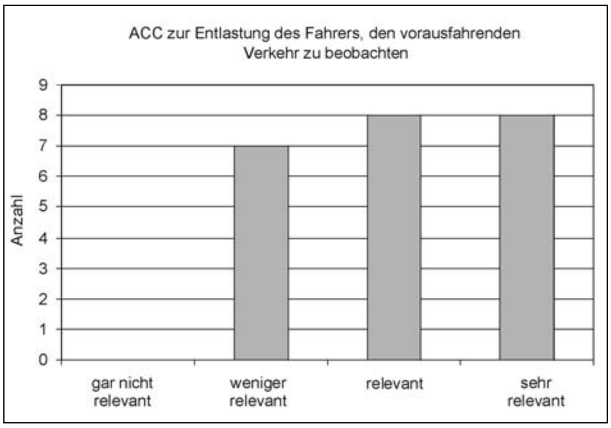


Bild 34: Nutzung von ACC zur Entlastung des Fahrers, den vorausfahrenden Verkehr zu beobachten

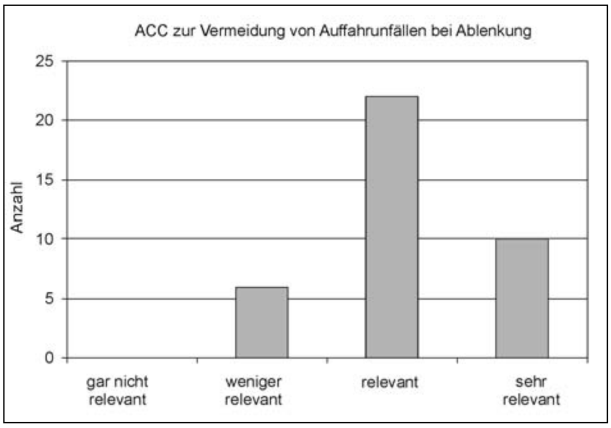


Bild 35: Nutzung von ACC zur Vermeidung von Auffahrunfällen bei Ablenkung

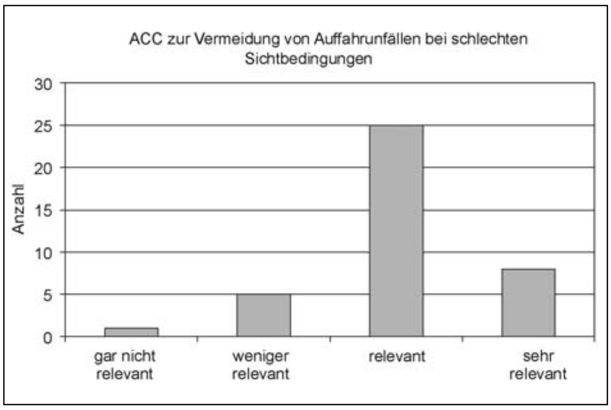


Bild 36: Nutzung von ACC zur Vermeidung von Auffahrunfällen bei schlechten Sichtbedingungen

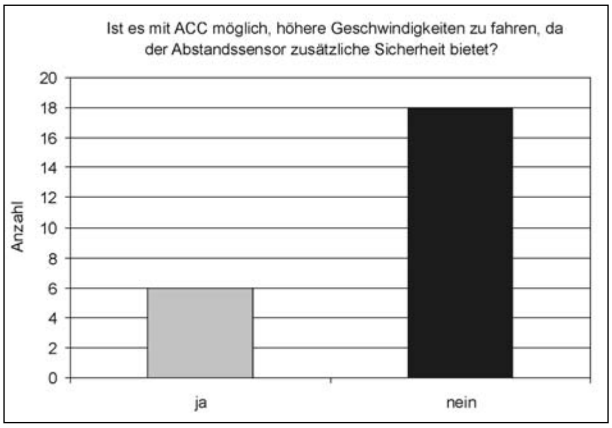


Bild 37: Nutzung von ACC zum Fahren höherer Geschwindigkeiten

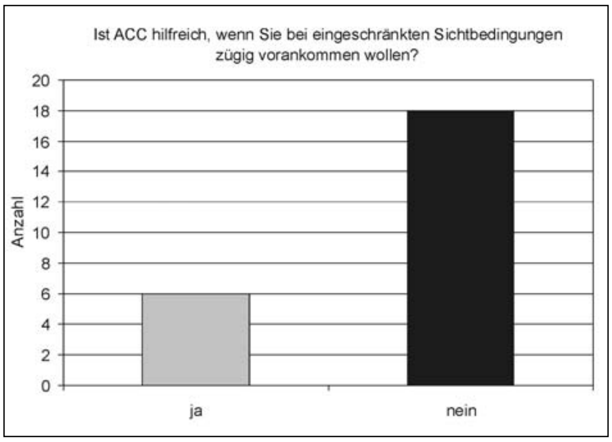


Bild 38: Nutzung von ACC bei eingeschränkten Sichtbedingungen

ACC von den Befragten überwiegend zur Steigerung von Komfort und, an zweiter Stelle, zur Steigerung von Sicherheit genutzt wird.

6.3.2.7 Nicht vorgesehener Gebrauch

Die für das Projekt und dieses Assistenzsystem wichtigsten Fragen betreffen den potenziellen Fehlgebrauch oder Missbrauch des Geschwindigkeits- und Abstandsreglers. Im Interview wurden deswegen hypothetische Fehlgebrauchs- oder Missbrauchsarten angesprochen und um eine ehrliche persönliche Einschätzung gebeten. Die angesprochenen hypothetischen Gebrauchsarten, die vom Hersteller nicht erwünscht sein dürften, waren:

- Verwendung von ACC als Kollisionswarnsystem, um schneller fahren zu können. Dies gilt insbesondere für eingeschränkte Sichtbedingungen.
- Gezielte Nutzung bei beeinträchtigten Fahrerzuständen (Müdigkeit, Alkohol, Ablenkung durch Nebenaufgaben).

Bild 37 und Bild 38 zeigen die Verteilungen der Antworten auf die Frage, ob ACC dazu genutzt wird, um höhere Geschwindigkeiten (auch bei eingeschränkten Sichtbedingungen) zu fahren. Jeweils 6 Personen bejahten diese Frage, die überwiegende Mehrheit lehnte diese Verwendungsart für sich klar ab.

Auf die Frage „Fühlen Sie sich durch ACC in die Lage versetzt, den Blick auch für etwas länger von der Straße abzuwenden?“ antworteten 11 Personen mit „ja“ und 13 mit „nein“ (siehe Bild 39). Drei Personen, die mit „ja“ antworteten, gaben zusätzlich an, dass längere Blickabwendungen von der Straße nur für fahrbezogene Aufgaben (z. B. Spiegelblicke oder Erkennen von Verkehrszeichen) akzeptiert würden.

Ob sich die Befragten durch ACC zutrauen, bei Müdigkeit etwas länger zu fahren, beantworteten 20 Personen mit „nein“. Die Kommentare zu dieser Antwort reichten von Aussagen wie „ACC hat mit einer vernünftigen Pausenregelung nichts zu tun“ bis

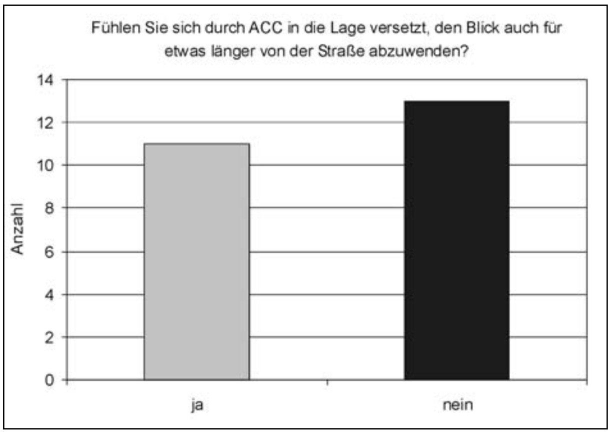


Bild 39: Nutzung von ACC für längere Blickabwendungen von der Straße

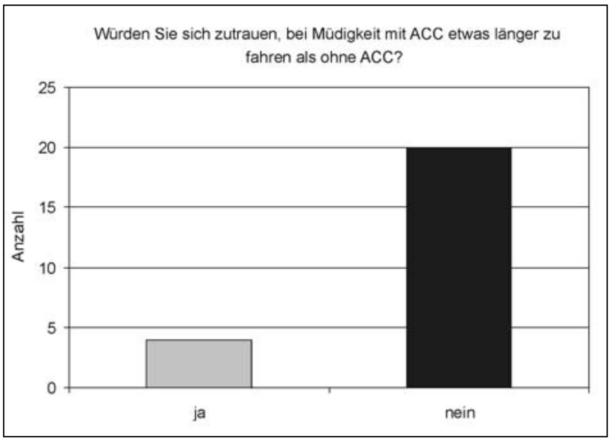


Bild 40: Nutzung von ACC bei Müdigkeit

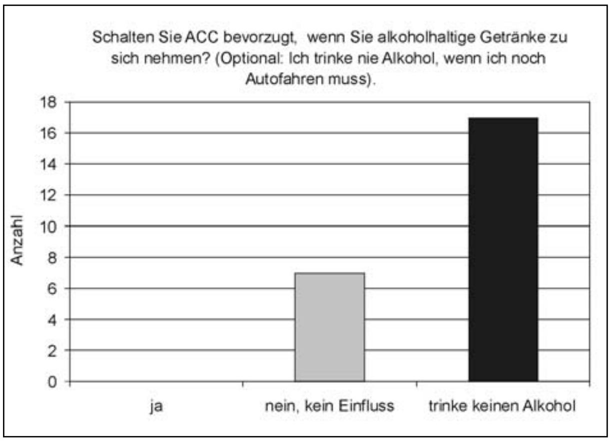


Bild 41: Nutzung von ACC nach Alkoholkonsum

„ACC macht bei Müdigkeit noch müder und fordert dadurch eher frühere Pausen“. Im Gegensatz dazu antworteten aber auch 4 Personen, dass sie ACC bei Müdigkeit einsetzen würden (siehe Bild 40).

Schließlich wurden alle Teilnehmer der Studie gefragt, ob sie ACC bevorzugt zuschalten, wenn sie alkoholhaltige Getränke zu sich genommen haben. Um niemanden Alkohol am Steuer zu unterstellen, gab es auch die optionale Antwortmöglichkeit, dass man als Fahrer niemals Alkohol zu sich nimmt. Die Antworteten zu dieser Frage waren eindeutig: 7 Personen sagten, dass sie ACC in dieser Situation nicht bevorzugt zuschalten, und 17 erklärten, dass sie grundsätzlich keinen Alkohol zu sich nehmen, wenn sie anschließend noch Autofahren müssen (siehe Bild 41).

6.3.2.8 Individueller Fehlgebrauch und Missbrauch von ACC

Fehlgebrauch und Missbrauch stellen nach der für dieses Projekt festgelegten Definition nicht erwünschte Gebrauchsarten eines Assistenzsystems dar. Fehlgebrauch zeichnet sich darüber hinaus dadurch aus, dass der fälschliche Gebrauch auf ein falsches Systemverständnis bzw. falsche Erwartungen zurückgeht, Missbrauch ist im Gegensatz dazu ein fälschlicher Gebrauch, der dem Fahrer als solcher bewusst ist. Um die beiden wichtigen Konstrukte des Projekts in die Auswertung der Ergebnisse einzubringen, werden für alle Befragten der Gebrauch und das Systemverständnis für einzelne kritische Aussagen kategorisiert. Die Grundlage für die Einschätzung des Systemverständnisses bilden die Antworten zu den drei ausgewählten Bereichen:

- SV1: technische Funktionsweise von ACC,
- SV2: Funktionsgrenzen von ACC bei Nebel/ Regen/Schnee,
- SV3: Erkennung von statischen Objekten (z. B. Fahrzeuge am Stauende).

Für die Bewertung des Gebrauchs wurden die Antworten auf drei ausgewählte kritische Themenbereiche verwendet:

- G1: „Ist ACC hilfreich, wenn Sie bei eingeschränkten Sichtbedingungen zügig vorankommen wollen?“
- G2: „Fühlen Sie sich durch ACC in die Lage versetzt, den Blick auch für etwas länger von der Straße abzuwenden?“
- G3: „Würden Sie sich zutrauen, bei Müdigkeit mit ACC etwas länger zu fahren als ohne ACC?“

Alle Aussagen für diese sechs Kriterien wurden unter Berücksichtigung der verfügbaren Kommentare geprüft, ob sie als sicherheitskritisch eingestuft werden können. Die möglichen Ausprägungen waren:

- nicht sicherheitskritisch (in Bild 42 weiß markiert),
- wenig sicherheitskritisch, aber vom Hersteller nicht vorgesehen (in Bild 42 grau markiert),
- sicherheitskritisch, vom Hersteller nicht vorgesehen (in Bild 42 schwarz markiert).

Ausgehend von der Annahme, dass Fehlgebrauch auf ein nicht adäquates Systemverständnis zurückgeht, müssten sich für einzelne Personen kritische Aussagen zum Systemverständnis (SV1 bis SV3) als auch zum Gebrauch von ACC (G1 bis G3) finden. Im Falle eines Missbrauchs sollte das Systemverständnis adäquat sein, sich allerdings kritische Aussagen für den Gebrauch häufen. Bild 42 zeigt die qualitative Auswertung der ausgewählten Fragebogenitems für alle Befragten. Es lassen sich besonders für die Gebrauchsarten G1 und G2 tendenziell kritische Aussagen finden, die unter Umständen auf ein nicht ganz korrektes Systemverständnis (SV3) zurückführbar sind. Andererseits kennen die Befragten die leichter prüfbaren Systemgrenzen von ACC sehr gut, sodass – wenn man die Warnhinweise der Betriebsanleitung berücksichtigt – streng genommen auch von Missbrauch gesprochen werden müsste.

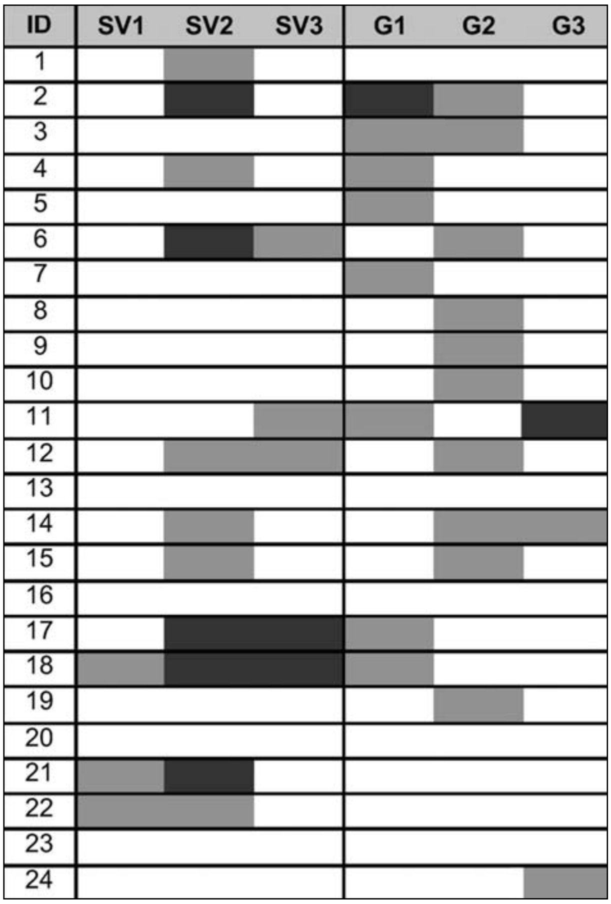


Bild 42: Übersicht über die Qualität des Systemverständnisses bei ACC (SV1-3) und des persönlichen Gebrauchs (G1-3) für alle Befragten (ID1-24). Weiß: nicht sicherheitskritisch; grau: wenig sicherheitskritisch, aber vom Hersteller nicht vorgesehen; schwarz: sicherheitskritisch, vom Hersteller nicht vorgesehen

6.3.3 Schlussfolgerungen

Mittels Telefoninterviews wurden insgesamt 24 Fahrer zu ihren Kenntnissen und Erfahrungen mit dem Assistenzsystem ACC befragt.

Die Befragten kannten die Systemgrenzen, die sie bei normaler Fahrt oder durch vorsichtiges Testen des Systems erfahren, gut. Für seltenere Situationen, die sie in der Regel nicht überprüfen können (Auffahren auf Stauende, Erkennung von Fußgängern oder Fahrradfahrern), war das Systemverständnis weniger korrekt ausgeprägt.

Durch die Aussagen zu den Erwartungen und zum Gebrauch wird klar, dass ACC nicht nur als ein Komfort-, sondern auch als ein Sicherheitssystem betrachtet wird. Da die Betriebsanleitungen aus haftungsrechtlicher Perspektive vom Ideal abweichende Gebrauchsarten sehr streng ausschließen (z. B. Einsatz bei Nebel), die Fahrer jedoch auch für diese Situationen positive Erfahrungen machen, wird ACC bei der Auswertung mancher Aussagen formal „falsch“ gebraucht. Die Befragten fühlten sich beispielsweise mit aktiviertem ACC bei Regen, Nebel oder Schnee „zusätzlich sicher“, unter anderem auch deswegen, weil eine eingeschränkte Funktion des Radarsensors bei widrigen Bedingungen über grafische und akustische Anzeigen rückgemeldet wird. Eine Anpassung der Geschwindigkeit für diese Witterungssituationen findet nach einigen verfügbaren Aussagen dennoch statt. Bei Berücksichtigung dieser möglichen methodischen Artefakte ist die Zuordnung „Fehlgebrauch“ und „Missbrauch“ an einigen Stellen etwas zu relativieren, wenn auch nicht gänzlich zu leugnen.

Die trotz der eben genannten Relativierung gelegentlich erwähnte Nutzung des Systems, bei eingeschränkten Sichtbedingungen zügiger voranzukommen, ist aufgrund der derzeitigen technischen Systemgrenzen als sicherheitskritisch einzustufen, was der Hersteller in der Betriebsanleitung auch deutlich unterstreicht. Ob die von den Fahrern leicht abweichende ACC-Nutzung allerdings bereits zu einem erhöhten Unfallrisiko führt, kann aufgrund der subjektiven Datenbasis nicht beurteilt werden.

Hierfür wäre eine objektive Erfassung relevanter kritischer Situationen, die in Zusammenhang mit ACC stehen, wünschenswert.

7 Empfehlungen zum methodischen Vorgehen für die Identifizierung von Fehlgebrauch und Missbrauch

Die Identifizierung von nicht erwünschten Gebrauchsarten von Fahrerassistenzsystemen ist mit zahlreichen methodischen Fragestellungen verbunden, wie zum Beispiel:

- Welche FAS sollten in eine Untersuchung mit aufgenommen werden?
- Welche Arten von Daten sollen erhoben werden?
- Welche Personen sollten an der Studie teilnehmen?
- Über welchen Zeitraum sollen die Fahrer untersucht werden?

Schon zu Beginn dieses Projekts wurden zur Auswahl der Methoden Überlegungen angestellt, wie Fehlgebrauch und Missbrauch am sinnvollsten bei vertretbarem ökonomischem Aufwand erfasst werden kann. Die zusätzlichen Erfahrungen bei der Erhebung und Auswertung der Daten für diese Studie (Simulatorexperiment und Befragung im Feld) bestätigten und ergänzten dieses Wissen.

7.1 Auswahl relevanter FAS

Um diejenigen FAS aus der Anzahl aller bekannten Systeme auszuwählen, die (vermutlich) das größte Fehlgebrauchs- oder Missbrauchspotenzial haben, können beispielsweise Kriterien verwendet werden, die aus dem OECD-Abschlussbericht von 1990 zum Thema Verhaltensadaptation stammen. Negative sekundäre Verhaltensanpassungen sind demnach wahrscheinlich, wenn

- das FAS im Alltag präsent ist,
- die Rückmeldung des FAS unmittelbar ist,
- der Handlungsspielraum des Fahrers erweitert wird,
- sich eine Erhöhung der subjektiven Sicherheit ergibt,
- Auslebenstendenzen durch das FAS angesprochen werden.

Eine weitere wichtige Quelle zur Abschätzung des Fehlgebrauchs- und Missbrauchspotenzials ist das EU-Projekt RESPONSE, aus dem eine Checkliste zur frühzeitigen Konzeptbewertung von Fahrerassistenzsystemen hervorgegangen ist (siehe BECKER, 2001).

Fehlgebrauch oder Missbrauch eines Fahrerassistenzsystems sind demnach wahrscheinlich, wenn

- Systemparameter auf Verkehrs- und Umweltbedingungen (z. B. Sichtbedingungen) nicht angepasst werden können,
- das FAS als Unterhaltungssystem verstanden werden kann,
- die Produktbeschreibung des FAS Informationen nicht enthält, die auf spezielle Fertigkeiten/Kenntnisse des Nutzers hinweisen, oder aus der Produktinformation nicht hervorgeht, dass das FAS für bestimmte Benutzergruppen nicht geeignet ist,
- beim Gebrauch des FAS ein falsches Systemverständnis durch bereits gemachte Erfahrungen mit ähnlichen Systemen oder allgemeinen Fahrerfahrungen entstehen kann,
- die Systemgrenzen (z. B. Sensoren) des FAS nicht sofort verstehbar und unter verschiedenen Umweltbedingungen für den Fahrer nicht vorhersagbar sind,
- unrealistische Erwartungen des „am meisten gefährdeten und des am wenigsten informierten“ Fahrers geweckt werden,
- die Produktinformationen unrealistische Erwartungen an das FAS hervorrufen und damit riskantes Verhalten fördern,
- das FAS zu anderen Zwecken als denen, die der Hersteller beabsichtigt hat, genutzt werden kann,
- es keine physikalische (oder andere) Beschränkungen (in der Produktgestaltung) gibt, das System falsch einzusetzen,
- das FAS dem Fahrer eine überschätzte Vorstellung der eigenen Fahrfertigkeiten suggeriert,
- der Fahrer mit aktiviertem FAS sich weniger aktiv um die Herstellung von Sicherheit bemüht,

- das FAS in einer Art verstanden wird, dass gedanken- und sorgloses Verhalten entsteht, welches zu gefährlichen Situationen führen kann,
- die Systemfunktionen ein Verhalten begünstigen, das „Grenzen austestet".

Die Kriterien gehen auf Expertenmeinungen zurück und können erste Hinweise zur qualitativen Identifikation nicht erwünschter Gebrauchsarten geben.

7.2 Untersuchungsinstrumente

Aufbauend auf der oben beschriebenen Analytik, die auf Expertenmeinungen zurückgeht, sollten für detailliertere Aussagen zum Gebrauch einzelner FAS empirische Untersuchungen durchgeführt werden. Ein besonders wichtiges Kriterium bei der Untersuchung von Fehlgebrauch oder Missbrauch ist, dass möglichst natürliches Fahrerverhalten erhoben wird. Im Folgenden werden Vor- und Nachteile einiger Herangehensweisen beschrieben.

7.2.1 Fahrsimulatorexperiment

Die Realisierung von FAS in einem geeigneten Fahrsimulator bietet die Möglichkeit, Versuchspersonen bei vertretbarem Aufwand auf ungefährliche Art mit neuen Systemen zu konfrontieren. Vor allem FAS, die die Fahraufgabe auf den Ebenen der Navigation und Bahnführung durch Information oder Warnung beeinflussen, lassen sich hinreichend realistisch nachbilden und evaluieren. Die Testszenarien können gezielt nach den formulierten Hypothesen ausgestaltet werden. Außerdem ist die Kontrolle von Störvariablen (wie z. B. der Umgebungsverkehr oder Sichtbedingungen) sehr gut möglich. Durch die Kontrollierbarkeit wird es auch möglich, im wissenschaftlichen Experiment unabhängige Variablen einzuführen, um eine systematische Beeinflussung der abhängigen Variablen zu untersuchen. In der vorliegenden Studie war dies die Art der zur Verfügung gestellten Produktinformation. Die Erfassung von Fahrdaten als abhängige Variable ist im Fahrsimulator ebenfalls deutlich leichter zu bewerkstelligen als im Feldversuch mit einem Messfahrzeug.

Den Vorteilen der Fahrsimulation stehen aber auch einige Nachteile gegenüber: Versuchspersonen, die an einem Experiment im Fahrsimulator teilnehmen, finden sich meist in einer völlig neuartigen Fahrumgebung wieder. Sie müssen zunächst mit der Eigenart der jeweiligen Fahrsimulation vertraut werden, um ein annähernd natürliches Fahrerverhalten zeigen zu können. Darüber hinaus können nicht alle FAS realistisch in der Fahrsimulation abgebildet werden. Aufgrund der fehlenden korrekten Beschleunigungsrückmeldung in den meisten Fahrsimulatoren können Kurvenfahrten und Bremsmanöver – zwei wichtige Szenarien für Assistenzsysteme – nur begrenzt realistisch abgebildet werden. FAS, die auf die Unterstützung der Fahraufgabe in diesen Bereichen abzielen, eignen sich daher weniger für die Untersuchung im Fahrsimulator. In der vorliegenden Untersuchung beeinflusste dieser Nachteil der Fahrsimulation vor allem die Interpretation der Fahrdaten zum Curve Speed Assistant (CSA). Die Geschwindigkeit vor und in der Kurve war so deutlich von der Schwierigkeit der Fahraufgabe bestimmt, dass eine spezifische Auswertung für verschiedene Versuchsbedingungen wenig sinnvoll erschien. Weitere Kritikpunkte einer Bewertung von Fahrerverhalten anhand von Fahrsimulationsdaten beziehen sich auf die sehr kurze Dauer, in der Fahrer mit einem neuen FAS konfrontiert sind, sowie die relativ intensive Beobachtung durch den Versuchsleiter. Durch die kurzen Fahrzeiten können nur sehr unmittelbare Effekte auf das Fahrerverhalten untersucht werden. Mittelfristige oder gar langfristige Verhaltensänderungen, die in späteren Phasen des Lernprozesses eintreten können, werden in einem experimentellen Setting in der Regel nicht erfasst. Durch die intensive Beobachtung im Labor kann außerdem sozial erwünschtes Fahrerverhalten begünstigt werden.

7.2.2 Feldexperiment

Liegt bereits ein funktionierendes in ein reales Fahrzeug eingebautes FAS vor, so können Fahrversuche mit diesem Fahrzeug auch auf realen oder abgesperrten Straßen stattfinden. Der Vorteil dieser Herangehensweise ist, dass die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf das reale Fahrerverhalten durch das Vorhandensein echter Fahrdynamik verbessert werden kann.

Andererseits ist die Kontrolle der Versuchsbedingungen auf realen Straßen stark eingeschränkt und kann für bestimmte Szenarien sogar unfallgefährlich werden. Die Kritikpunkte „kurze Versuchdauer" und „Beobachtungssituation" greifen hier ebenso wie für die Fahrsimulation.

7.2.3 Feldstudien, Fahrerbefragungen (naturalistisch)

Ein zunehmend häufiger berichtetes Instrument zur Erfassung natürlicher Fahrerverhaltensweisen ist die Feldstudie. Hier wird idealerweise eine Reihe von Fahrzeugen mit einem bereits realen FAS und zusätzlicher Messsensorik ausgestattet und für einen längeren Zeitraum an Versuchpersonen verliehen. In regelmäßigen Abständen berichten die Teilnehmer der Studie über ihre Erfahrungen, wobei zeitgleich die gesammelten objektiven Daten (Fahrdaten, Videodaten) ausgelesen werden können. Dieses Instrument erlaubt es, spezifische und valide Schlussfolgerungen auf reales Fahrerverhalten zu ziehen. Nachteile dieser Herangehensweise sind die hohen Kosten, der sehr hohe Gesamtaufwand sowie das Vorhandensein bereits ausgereifter FAS.

Eine abgeschwächte, qualitative Form der naturalistischen Feldstudie stellen halbstrukturierte Fahrerbefragungen dar. Sie bieten die Möglichkeit, auch langfristige Erfahrungen eines Fahrers mit seinem persönlichen FAS zu einem Zeitpunkt bei geringem Zeitaufwand und geringen Kosten zu erheben. Durch halbstrukturierte Telefoninterviews ist es zudem auch möglich, mit geografisch weit entfernten Fahrern in Kontakt zu treten und deren Erfahrungen zu erheben. Die zu erfassenden Daten sind meist deskriptiver Natur und beinhalten in der Regel Einschätzungen und Beschreibungen der Fahrer.

Der Nachteil dieser Methode ist, dass damit keine objektiven Daten erfasst werden können. Die Antworten auf den Fragebogen bzw. auf das Interview können durch Erinnerungseffekte oder Effekte der sozialen Erwünschtheit beeinflusst sein. Außerdem ist es naturbedingt für Befragte nicht möglich, kleine (nicht bewusste) Änderungen in ihrem Fahrerverhalten zu berichten.

Tabelle 20 gibt einen Überblick über die Vor- und Nachteile verschiedener Untersuchungsinstrumente.

	Validität	Untersuchungs-zeitraum	Objektive Daten	Aufwand/ Kosten
Fahrsimulator-experiment	-	-	+	+
Feldexperiment	+	-	+	-
Feldstudien	++	+	+	- -
Fahrer-befragungen	++	+	-	+

Tab. 20: Vor- und Nachteile verschiedener Untersuchungsinstrumente zur Identifizierung von Fehlgebrauch und Missbrauch

8 Abschließende Betrachtungen

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Auswahl bereits verfügbarer und zukünftiger Fahrerassistenzsysteme auf ihre Verhaltensauswirkungen bei Fahrern untersucht. Die Vorgehensweise bestand darin, das Fahrerverhalten zunächst in neutraler Weise zu erheben, um danach eventuelle Hinweise auf nicht erwünschte Verhaltensanpassungen zu identifizieren.

8.1 Relativierung von gefundenen Effekten

Sowohl im Fahrsimulatorexperiment als auch in den Feldbefragungen zeigten sich vereinzelt negative Verhaltensänderungen oder kritische Aussagen zum Systemverständnis, die nach der festgelegten Definition einen Fehlgebrauch oder Missbrauch des FAS bedeuten. Dieses Urteil steht jedoch im Gegensatz zum insgesamt positiven Gesamteindruck, der vor allem bei den durchgeführten Interviews entstand. Wie ist diese Diskrepanz zu erklären?

Ein mögliche Antwort darauf ist, dass die verwendeten Szenarien im Fahrsimulator sowie die Aussagen im Fragebogen/Interviewleitfaden derart gestaltet waren, dass ein nicht erwünschter Gebrauch eher zu oft als zu selten zugeschrieben werden konnte. Dies war beabsichtigt, um auch schon erste Anhaltspunkte von Fehlgebrauch oder Missbrauch zu identifizieren. Ein entscheidender Aspekt für die Gesamtbeurteilung eines FAS ist jedoch auch das Ausmaß eines nicht erwünschten Gebrauchs bzw. die Relevanz eines nicht korrekten mentalen Modells eines FAS.

Die grundlegende Frage bei der Diskussion der Ergebnisse ist: „Was genau ist nicht erwünschter Gebrauch?“ Die Angaben der Hersteller in den Betriebsanleitungen sind hier nicht spezifisch genug und beschränken sich aus haftungsrechtlichen Gründen vor allem auf die Nennung der Leistungsgrenzen eines FAS sowie den Hinweis auf die allgemeine Verantwortung des Fahrers für sein Fahrerverhalten. Die Frage, ob eine durchschnittliche Erhöhung der Geschwindigkeit um 5 km/h bei aktiviertem Kollisionswarnsystem „nicht erwünschter Gebrauch“ und sicherheitskritisch ist, kann kontrovers diskutiert werden. Manche Befragte berichteten auch, dass sie sich mit aktiviertem ACC entspannter und sicherer beim Telefonieren im Auto

fühlen: Ist dieses Gefühl bereits mit Fehlgebrauch oder Missbrauch in Verbindung zu bringen?

Für dieses Projekt wurde eine sehr strikte Definition von nicht erwünschtem Gebrauch benutzt: Sobald negative Verhaltensanpassungen bei der Verwendung eines FAS auftraten, wurde ein nicht erwünschter Gebrauch (und damit Fehlgebrauch oder Missbrauch) angenommen, da der maximal mögliche Sicherheitsgewinn durch ein FAS auch schon bei kleinen negativen Verhaltensanpassungen eingeschränkt wird. Dies bedeutet nicht, dass ein Fahrerassistenzsystem sein gesamtes Sicherheitspotenzial verliert oder sogar als sicherheitskritisch eingestuft werden muss.

8.2 Gestaltungsempfehlungen

Es wurde in den verschiedenen Untersuchungen dieses Projekts gezeigt, dass vereinzelt Fehlgebräuche oder Missbräuche bei der Nutzung von Fahrerassistenzsystemen auftreten. Auch wenn diese – insgesamt gesehen – keine deutlichen Einbußen des potenziellen Sicherheitsgewinns darstellen, so stellt sich dennoch die Frage, wie FAS optimiert werden können, damit die nicht erwünschten Gebrauchsarten weiter reduziert werden.

Gelegentlich überschätzten Fahrer die Leistungsfähigkeit und den Einsatzzweck eines FAS, wie sie in den Angaben der Betriebsanleitung beschrieben sind. Dies könnte teilweise an den strikt formulierten Funktionsgrenzen in den Betriebsanleitungen (z. B. ACC nicht bei Nebel und starkem Regen benutzen) und den dennoch positiven Erfahrungen der Fahrer in diesen Situationen gelegen haben. Andererseits könnten die Leistungsgrenzen bzw. der Einsatzzweck aber auch tatsächlich falsch eingeschätzt werden. Falls Letzteres der Fall sein sollte, ist auf eine klare und realistische Kommunikation des Produkts in den Medien zu achten. Die spektakulären, überzogenen Anwendungsszenarien, die für das Marketing einzelner FAS bereits vorgestellt wurden, tragen hier eher zum Gegenteil bei. Wie aus den Ergebnissen des Fahrsimulatorexperiments ersichtlich – eine Variation der Systembeschreibung hatte dort keinen nachweisbaren Einfluss auf das mentale Modell und das Fahrerverhalten – ist der Einfluss der reinen Informationsvermittlung unter Umständen nicht ausreichend. Besser ist es, wenn die Leistungsgrenzen und der Einsatzzweck eines FAS grundsätzlich nur wenig von den Erwartungen der Fahrer abweichen. Dies kann dazu führen, dass die FAS einen höheren Reifegrad erreichen müssen, um in ihrer Leistungsfähigkeit korrekt eingeschätzt zu werden.

Gelegentlich äußerten Befragte in den Untersuchungen, dass durch die Nutzung eines FAS Ressourcen frei werden, die nicht nur zur Entlastung von der Fahraufgabe, sondern auch zur besseren Bewältigung von Nebenaufgaben wie z. B. dem Telefonieren genutzt werden können. Ob dadurch auch eine verstärkte Zuwendung zu Nebenaufgaben motiviert wird, kann anhand der erhobenen Daten nicht geklärt werden. Die Anzahl und Dauer von Nebentätigkeiten im Fahrzeug könnten auch unabhängig von der Verwendung eines FAS sein. Eine Erkennung und Unterbindung dieser Art des Gebrauchs sind derzeit aus technologischen Gründen nicht möglich und aus Akzeptanzgründen wohl auch nicht erwünscht.

8.3 Vorstellung eines Modells zur Einordnung von Gebrauchsarten

Auf der Grundlage eines von WELLER und SCHLAG beschriebenen Prozessmodells der Verhaltensadaptation (WELLER und SCHLAG, 2004) wird im Folgenden versucht, die Phänomene Fehlgebrauch und Missbrauch in einen Gesamtkontext zu stellen (siehe Bild 43). Eine Verhaltensadaptation soll hier in einem neutralen Sinne aufgefasst werden: Ändert sich nach Einführung eines FAS das Fahrerverhalten (im positiven oder negativen Sinne), so kann von Verhaltensadaptation gesprochen werden. Diese tritt überhaupt erst auf, wenn das FAS eine objektive Erweiterung des Handlungsspielraums bietet, der Fahrer diesen erweiterten Handlungsspielraum wahrnimmt und einen subjektiven Nutzen aus der Verhaltensänderung zieht. Ob und inwieweit der Fahrer den erweiterten Handlungsspielraum wahrnimmt und für sich nutzt, hängt von individuellen Faktoren wie seinen Persönlichkeitseigenschaften, Fahrmotiven und auch den zugänglichen Informationen über das FAS ab. Wenn es zu Verhaltensadaptionen kommt, können diese theoretisch (über die praktischen Probleme wurde bereits berichtet) danach aufgeteilt werden, ob sie im Sinne des Hersteller bzw. der zugrunde liegenden Idee des FAS sind. Eine weitere Zuordnung in „korrekten Gebrauch", „unkritischen Gebrauch", „Missbrauch" und „Fehlgebrauch" wird durch die Berücksichtigung des Faktors „mentale Repräsentation des FAS" möglich. Stimmen die vermuteten

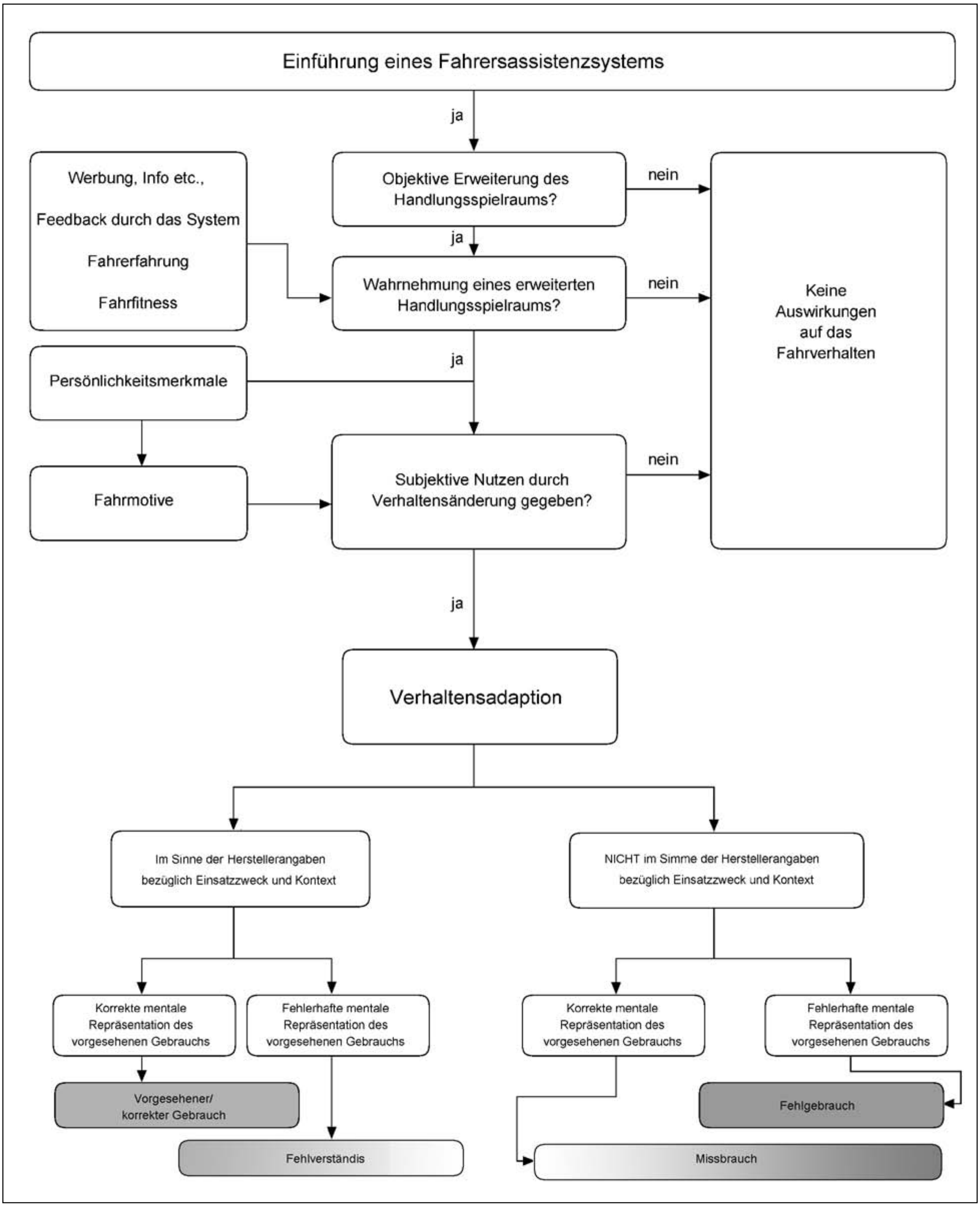


Bild 43: Modell zur Einordnung der verschiedenen Gebrauchsarten eines FAS

oder wahrgenommenen Leistungsgrenzen sowie der vorgesehene Einsatzzweck mit den Herstellerangaben überein, so entspricht dies dem günstigsten Fall, dem „korrekten Gebrauch“ eines FAS. Ist beim Gebrauch des FAS kein sicherheitskritisches Fahrerverhalten festzustellen, obwohl eine nicht korrekte mentale Repräsentation bezüglich Leistungsgrenzen und Einsatzzweck vorliegt, so kann von „unkritischem Gebrauch“ eines FAS gesprochen werden. „Missbrauch“ wird als Gebrauchsverhalten definiert, bei dem der Fahrer bewusst und motiviert vom vorgesehenen Einsatzzweck ab-

weicht, und „Fehlgebrauch“ tritt dann ein, wenn das FAS aufgrund einer falschen mentalen Repräsentation in einer Weise gebraucht wird, die sicherheitskritisch ist und den Herstellerangaben widerspricht.

Eine wesentliche Anpassung gegenüber der oben genannten Definition von Fehlgebrauch und Missbrauch ist die qualitative Einordnung der Gebräuche gemäß ihrer sicherheitskritischen Auswirkungen:

- „Korrekter Gebrauch“ erfüllt demnach die Erwartungen an eine sicherheitssteigernde Wirkung eines FAS optimal.
- Der „unkritische Gebrauch“ eines FAS kann im besten Fall die gleiche sicherheitssteigernde Wirkung des korrekten Gebrauchs nach sich ziehen, da im Fahrerverhalten keine sicherheitskritischen Anzeichen erkennbar sind. Es ist allerdings nicht ausgeschlossen, dass bei ungünstigen Rahmenbedingungen (Umweltbedingungen, Fahrermotive) auch sicherheitskritisches Verhalten auftritt.
- Motivierter „Missbrauch“ eines FAS kann je nach Art, Ausmaß und Kompensationsmechanismen von leicht bis schwer sicherheitskritisch ausfallen.
- Unbewusster „Fehlgebrauch“ eines FAS ist je nach Art und Ausmaß von sicherheitskritisch bis schwer sicherheitskritisch einzustufen.

9 Ausblick

Dieses Projekt beschäftigte sich im Rahmen eines Fahrsimulationsexperiments mit kurzfristigen Verhaltensänderungen anhand objektiver Daten bzw. im Rahmen einer Feldbefragung mit längerfristigen Verhaltensänderungen anhand subjektiver Daten. Für die Zukunft wäre es wünschenswert, wenn auch längerfristige Verhaltensänderungen anhand objektiver Daten überprüft würden. Dies könnte beispielsweise im Rahmen einer größer angelegten Feldstudie (wie im Text beschrieben) geschehen. Außerdem sollten für den Effekt einzelner FAS auf die Verkehrssicherheit spezifische Unfallstatistiken herangezogen werden, damit nicht nur einzelne nicht erwünschte Gebrauchsarten identifiziert werden, sondern auch der der tatsächliche Sicherheitsgewinn (oder -verlust) ermittelt werden kann.

10 Literatur

ASCHENBRENNER, K. M., BIEHL, B., WURM, G. W. (1992): Mehr Verkehrssicherheit durch bessere Technik? Felduntersuchungen zur Risikokompensation am Beispiel des Antiblockiersystems (ABS), Forschungsberichte der BASt

AWAKE DELIVERABLE 7.3, unveröffentlicht. http://www.awake-eu.org [letzter Zugriff: 28.08. 2006]

BECKER, S., JOHANNING, T., FELDGES, J., KOPF, M. (2001): Final Report on Recommendations for Testing and Market Introduction of Adas Response Deliverable 2.2

DIN EN ISO 17287 (2002): Straßenfahrzeuge – Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen – Verfahren zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit beim Führen eines Kraftfahrzeugs (ISO/FDIS 17287:2002); Deutsche Fassung prEN ISO 17287:2002. Deutsches Institut für Normung

ESAFETY Working Group (2002): Final Report of the eSafety Working Group on Road Safety, Brussels

FANCHER, P., ERVIN, R., SAYER, J., HAGAN, M., BOGARD, S., BAREKET, Z., MEFFORD, M., & HAUGEN, J. (1998): Intelligent cruise control field operation test. Final Report. NHTSA Report No. DOT HS 808 849

FASTENMEIER, W. (Hrsg.) (1995): Autofahrer und Verkehrssituation. Neue Wege zur Bewertung von Sicherheit und Zuverlässigkeit moderner Straßenverkehrssysteme. Köln: Verlag TÜV Rheinland

FRENCH, D. J., WEST, R. J., ELANDER, J., WILDING, J. M. (1993): Decision making style, driving style and self-reported involvement in road traffic accidents. Ergonomics, 36, S. 627-44

GENTNER, D. & STEVENS, A. L. (Hrsg.) (1983): Mental models. Hillsdale, NJ: Erlbaum

MICHON, J. A.(1985): A critical view of driver behavior models: what do we know, what should we do? In: EVANS, L.; SCHWING, R. C. (Hrsg.): Human Behavior and Traffic Safety. New York: Plenum Press

PFAFFEROT, I., HUGUENIN, D. (1991): Adaptation nach Einführung von Sicherheitsmaßnahmen. Zeitschrift für Verkehrssicherheit, 37, S. 71-83

RASMUSSEN, J. (1990): Human Error and the Problem of Causality in Analysis of Accidents. Phil. Trans. R. Soc. Lend. B 327, S. 449-462

RASMUSSEN, J. (1990): Role of Error in Organizing Behavior. Ergonomics 33, 1/01 1, S. 1185-1190

REASON, J. T. (1990): Human error. Cambridge: University Press

ROTH, M. (2003): Die deutsche Version des AISS: Psychometrische Kennwerte und Befunde zur Reliabilität und Validität. Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie. 24. Jg., Heft 1, 65-76, Verlag Hans Huber

RUDIN-BROWN, C. M., PARKER, H. A. (2004): Behavioral adaptation to adaptive cruise control (ACC): implications for preventive strategies. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour 7, 2, S. 59-76

SAAD, F. & VILLAME, T. (1996): Assessing new driving support systems: contribution of an analysis of drivers' activity in real situations. Proceedings of the Third Annual World Congress on Intelligent Transport Systems (CD Rom)

SUMMALA, H. (1997): Hierarchical model of behavioural adaptation and traffic accidents. In: ROTHENGATTER, T., & VAYA, E. C. (Hrsg.): Traffic and Transport Psychology: Theory and application, S. 41-52, Oxford: Pergamon Press

Verkehrsunfälle – Fachserie 8 Reihe 7 – 2005. Statistisches Bundesamt, Wiesbaden 2006. www.destatis.de/themen/d/thm_verkehr.php [letzter Zugriff: 22.08.2005]

WARD, N. J., FAIRCLOUGH, S., & HUMPHREYS, M. (1995): The Effect of Task Automatisation in the Automotive Context: A Field Study of an Autonomous Intelligent Cruise Control System. In: GARLAND, D. J., & ENDSLEY, M. R. (Hrsg): Experimental Analysis and Measurements of Situational Awareness. Embry-Riddle Aeronautical University Press, Daytona Beach, Florida, USA, S. 369-374

WELLER, G., SCHLAG, B. (2004): Verhaltensadaptation nach Einführung von Fahrassistenzsystemen: Vorstellung eines Modells und Ergebnisse einer Expertenbefragung. In: SCHLAG, B. (Hrsg.): Verkehrspsychologie Mobilität – Sicherheit – Fahrerassistenz. Lengerich: Pabst Science Publishers

WILDE, G. J. S. (1994): Target Risk. Dealing with the danger of death, disease and damage in everyday decisions. PDE Publications: Toronto. http://psyc.queensu.ca/target/ [letzter Zugriff: 23.08.2006]

ZUCKERMAN, M. (1979): Sensation seeking: Beyond the optimal level of arousal. Erlbaum, Hillsdale, NY

Schriftenreihe

Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Unterreihe „Fahrzeugtechnik“

1993

F 1: **Einfluß der Korrosion auf die passive Sicherheit von Pkw**
Faerber, Wobben € 12,50

F 2: **Kriterien für die Prüfung von Motorradhelmen**
König, Werner, Schuller, Beier, Spann € 13,50

F 3: **Sicherheit von Motorradhelmen**
Zellmer € 11,00

F 4: **Weiterentwicklung der Abgassonderuntersuchung**
Teil 1: Vergleich der Ergebnisse aus Abgasuntersuchung und Typprüfverfahren
Richter, Michelmann
Teil 2: Praxiserprobung des vorgesehenen Prüverfahrens für Fahrzeuge mit Katalysator
Albus € 13,50

1994

F 5: **Nutzen durch fahrzeugseitigen Fußgängerschutz**
Bamberg, Zellmer € 11,00

F 6: **Sicherheit von Fahrradanhängern zum Personentransport**
Wobben, Zahn € 12,50

F 7: **Kontrastwahrnehmung bei unterschiedlicher Lichttransmission von Pkw-Scheiben**
Teil 1: Kontrastwahrnehmung im nächtlichen Straßenverkehr bei Fahrern mit verminderter Tagessehschärfe
P. Junge
Teil 2: Kontrastwahrnehmung in der Dämmerung bei Fahrern mit verminderter Tagessehschärfe
Chmielarz, Siegl
Teil 3: Wirkung abgedunkelter Heckscheiben - Vergleichsstudie
Derkum € 14,00

F8: **Anforderungen an den Kinnschutz von Integralhelmen**
Otte, Schroeder, Eidam, Kraemer € 10,50

F 9: **Kraftschlußpotentiale moderner Motorradreifen unter Straßenbedingungen**
Schmieder, Bley, Spickermann, von Zettelmann € 11,00

1995

F 10: **Einsatz der Gasentladungslampe in Kfz-Scheinwerfern**
Damasky € 12,50

F 11: **Informationsdarstellung im Fahrzeug mit Hilfe eines Head-Up-Displays**
Mutschler € 16,50

F 12: **Gefährdung durch Frontschutzbügel an Geländefahrzeugen**
Teil 1: Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern
Zellmer, Schmid
Teil 2: Quantifizierung der Gefährdung von Fußgängern
Zellmer € 12,00

F 13: **Untersuchung rollwiderstandsarmer Pkw-Reifen**
Sander € 11,50

1996

F 14: **Der Aufprall des Kopfes auf die Fronthaube von Pkw beim Fußgängerunfall – Entwicklung eines Prüfverfahrens**
Glaeser € 15,50

F 15: **Verkehrssicherheit von Fahrrädern**
Teil 1: Möglichkeiten zur Verbesserung der Verkehrssicherheit von Fahrrädern
Heinrich, von der Osten-Sacken
Teil 2: Ergebnisse aus einem Expertengespräch „Verkehrssicherheit von Fahrrädern“
Nicklisch € 22,50

F 16: **Messung der tatsächlichen Achslasten von Nutzfahrzeugen**
Sagerer, Wartenberg, Schmidt € 12,50

F 17: **Sicherheitsbewertung von Personenkraftwagen – Problemanalyse und Verfahrenskonzept**
Grunow, Heuser, Krüger, Zangemeister € 17,50

F 18: **Bremsverhalten von Fahrern von Motorrädern mit und ohne ABS**
Präckel € 14,50

F 19: **Schwingungsdämpferprüfung an Pkw im Rahmen der Hauptuntersuchung**
Pullwitt € 11,50

F 20: **Vergleichsmessungen des Rollwiderstands auf der Straße und im Prüfstand**
Sander € 13,00

F 21: **Einflußgrößen auf den Kraftschluß bei Nässe**
Fach € 14,00

1997

F 22: **Schadstoffemissionen und Kraftstoffverbrauch bei kurzzeitiger Motorabschaltung**
Bugsel, Albus, Sievert € 10,50

F 23: **Unfalldatenschreiber als Informationsquelle für die Unfallforschung in der Pre-Crash-Phase**
Berg, Mayer € 19,50

1998

F 24: **Beurteilung der Sicherheitsaspekte eines neuartigen Zweiradkonzeptes**
Kalliske, Albus, Faerber € 12,00

F 25: **Sicherheit des Transportes von Kindern auf Fahrrädern und in Fahrradanhängern**
Kalliske, Wobben, Nee € 11,50

1999

F 26: **Entwicklung eines Testverfahrens für Antriebsschlupf-Regelsysteme**
Schweers € 11,50

F 27: **Betriebslasten an Fahrrädern**
Vötter, Groß, Esser, Born, Flamm, Rieck € 10,50

F 28: **Überprüfung elektronischer Systeme in Kraftfahrzeugen**
Kohlstruck, Wallentowitz € 13,00

2000

F 29: **Verkehrssicherheit runderneuerter Reifen**
Teil 1: Verkehrssicherheit runderneuerter Reifen
Glaeser
Teil 2: Verkehrssicherheit runderneuerter Lkw-Reifen
Aubel € 13,00

F 30: **Rechnerische Simulation des Fahrverhaltens von Lkw mit Breitreifen**
Faber € 12,50

F 31: **Passive Sicherheit von Pkw bei Verkehrsunfällen**
Otte € 12,50

F 32: **Die Fahrzeugtechnische Versuchsanlage der BASt – Einweihung mit Verleihung des Verkehrssicherheitspreises 2000 am 4. und 5. Mai 2000 in Bergisch Gladbach** € 14,00

F 33: **Sicherheitsbelange aktiver Fahrdynamikregelungen**
Gaupp, Wobben, Horn, Seemann € 17,00

2001

F 34: **Ermittlung von Emissionen im Stationärbetrieb mit dem Emissions-Mess-Fahrzeug**
Sander, Bugsel, Sievert, Albus € 11,00

F 35: **Sicherheitsanalyse der Systeme zum Automatischen Fahren**
Wallentowitz, Ehmanns, Neunzig, Weilkes, Steinauer, Bölling, Richter, Gaupp € 19,00

F 36: **Anforderungen an Rückspiegel von Krafträdern**
van de Sand, Wallentowitz, Schrüllkamp € 14,00

F 37: **Abgasuntersuchung - Erfolgskontrolle: Ottomotor – G-Kat**
Afflerbach, Hassel, Schmidt, Sonnborn, Weber € 11,50

F 38: **Optimierte Fahrzeugfront hinsichtlich des Fußgängerschutzes**
Friesen, Wallentowitz, Philipps € 12,50

2002

F 39: **Optimierung des rückwärtigen Signalbildes zur Reduzierung von Auffahrunfällen bei Gefahrenbremsung**
Gail, Lorig, Gelau, Heuzeroth, Sievert € 19,50

F 40: **Prüfverfahren für Spritzschutzsysteme an Kraftfahrzeugen**
Domsch, Sandkühler, Wallentowitz € 16,50

2003

F 41: **Abgasuntersuchung: Dieselfahrzeuge**
Afflerbach, Hassel, Mäurer, Schmidt, Weber € 14,00

F 42: **Schwachstellenanalyse zur Optimierungdes Notausstiegsystems bei Reisebussen**
Krieg, Rüter, Weißgerber € 15,00

F 43: **Testverfahren zur Bewertung und Verbesserung von Kinderschutzsystemen beim Pkw-Seitenaufprall**
Nett € 16,50

F 44: **Aktive und passive Sicherheit gebrauchter Leichtkraftfahrzeuge**
Gail, Pastor, Spiering, Sander, Lorig € 12,00

2004

F 45: **Untersuchungen zur Abgasemission von Motorrädern im Rahmen der WMTC-Aktivitäten**
Steven € 12,50

F 46: **Anforderungen an zukünftige Kraftrad-Bremssysteme zur Steigerung der Fahrsicherheit**
Funke, Winner € 12,00

F 47: **Kompetenzerwerb im Umgang mit Fahrerinformationssystemen**
Jahn, Oehme, Rösler, Krems € 13,50

F 48: **Standgeräuschmessung an Motorrädern im Verkehr und bei der Hauptuntersuchung nach § 29 STVZO**
Pullwitt, Redmann € 13,50

F 49: **Prüfverfahren für die passive Sicherheit motorisierter Zweiräder**
Berg, Rücker, Mattern, Kallieris € 18,00

F 50: **Seitenairbag und Kinderrückhaltesysteme**
Gehre, Kramer, Schindler € 14,50

F 51: **Brandverhalten der Innenausstattung von Reisebussen**
Egelhaaf, Berg, Staubach, Lange € 16,50

F 52: **Intelligente Rückhaltesysteme**
Schindler, Kühn, Siegler € 16,00

F 53: **Unfallverletzungen in Fahrzeugen mit Airbag**
Klanner, Ambios, Paulus, Hummel, Langwieder, Köster € 15,00

F 54: **Gefährdung von Fußgängern und Radfahrern an Kreuzungen durch rechts abbiegende Lkw**
Niewöhner, Berg € 16,50

2005

F 55: **1st International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research" – Reports on the ESAR-Conference on 3rd/4th September 2004 at Hannover Medical School** € 29,00

2006

F 56: **Untersuchung von Verkehrssicherheitsaspekten durch die Verwendung asphärischer Außenspiegel**
Bach, Rüter, Carstengerdes, Wender, Otte € 17,00

F 57: **Untersuchung von Reifen mit Notlaufeigenschaften**
Gail, Pullwitt, Sander, Lorig, Bartels € 15,00

F 58: **Bestimmung von Nutzfahrzeugemissionsfaktoren**
Steven, Kleinebrahm € 15,50

F 59: **Hochrechnung von Daten aus Erhebungen am Unfallort**
Hautzinger, Pfeiffer, Schmidt € 15,50

F 60: **Ableitung von Anforderungen an Fahrerassistenzsysteme aus Sicht der Verkehrssicherheit**
Vollrath, Briest, Schießl, Drewes, Becker € 16,50

2007

F 61: **2nd International Conference on ESAR „Expert Symposium on Accident Research" – Reports on the ESAR-Conference on 1st/2nd September 2006 at Hannover Medical School** € 30,00

F 62: **Einfluss des Versicherungs-Einstufungstests auf die Belange der passiven Sicherheit**
Rüter, Zoppke, Bach, Carstengerdes € 16,50

F 63: **Nutzerseitiger Fehlgebrauch von Fahrerassistenzsystemen**
Marberger € 14,50

Alle Berichte sind zu beziehen beim:

Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
D-27511 Bremerhaven
Telefon: (04 71) 9 45 44 - 0
Telefax: (04 71) 9 45 44 77
Email: vertrieb@nw-verlag.de
Internet: www.nw-verlag.de

Dort ist auch ein Komplettverzeichnis erhältlich.